

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Organización Industrial

Análisis y mejora de procesos en un centro de mantenimiento de aviones

Autor: Guillermo Peña Argüeso

Tutor: Fernando Fernández Machuca

Dpto. Organización Industrial y Gestión de Empresas I
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, Septiembre 2019



Trabajo Fin de Grado
Ingeniería de Organización Industrial

Análisis y mejora de procesos en un centro de mantenimiento de aviones

Autor:
Guillermo Peña Argüeso

Tutor:
Fernando Fernández Machuca
Profesor asociado

Dpto. Organización Industrial y Gestión de Empresas I
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, Septiembre 2019

Trabajo Fin de Grado: Análisis y mejora de procesos en un centro de mantenimiento de aviones

Autor: Guillermo Peña Argüeso

Tutor: Fernando Fernández Machuca

El tribunal nombrado para juzgar el Trabajo arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, Septiembre 2019

El Secretario del Tribunal

AGRADECIMIENTOS

Se dice que no debes elegir un primer trabajo sino a un primer jefe, soy muy afortunado por haber trabajado con el mejor jefe que hubiese podido elegir. Este proyecto no habría sido posible llevarlo a cabo de no ser por Alberto. Gracias por la oportunidad, la paciencia, el aprendizaje y despertar en mí nuevas inquietudes.

RESUMEN

Durante este último año he participado en unas prácticas relacionadas con mi carrera consistentes en la planificación y análisis de trabajos en un taller de mantenimiento de aviones militares. En este tiempo además he colaborado en mejoras en la gestión de los trabajos sobre las aeronaves que llegaban para recibir servicios.

El tipo de servicios que se presta es de reparación de averías que el cliente tiene identificadas y sobre las que aplicamos la actuación que corresponda y, en mayor medida, servicios de revisión periódica de distinta entidad que necesitan éstos aparatos a lo largo de su vida. Este segundo tipo de trabajo es el que ocupa en mayor medida al taller.

El mantenimiento de aviones supone seguir un protocolo estricto de revisiones en el que pueden surgir elementos en cualquier estado de conservación que lleven a que la actuación sea más o menos larga, con incorporación o no de piezas de modo imprevisto y con la participación de especialistas de diversas áreas además, por supuesto, de las correspondientes pruebas funcionales para garantizar la operabilidad de los sistemas.

El taller está organizado en dos naves propias y una tercera en la que trabaja una empresa subcontratada de limpieza y pintura. Estos servicios externos de limpieza y pintura no están bajo nuestro control pero sí tenemos datos de sus actuaciones que servirán para analizar alternativas.

Todos los aviones pasan básicamente por una fase de recepción en la que se comprueba el estado en que llegan, un desmontaje de los elementos que sea necesario, diversas inspecciones, actuación en término de corrección de los defectos encontrados o mantenimiento, montaje de nuevo de los elementos necesarios y pruebas funcionales. Sólo en algunas revisiones actúa con tareas de pintura que realiza la empresa subcontratada antes de entrar en las últimas labores previas a la entrega del avión al cliente.

Estos procesos se han modelado con Bizagi como herramienta de análisis de procesos que permite simulación bajo el estándar BPMN.

En cada fase para cada avión hay una variedad importante de actividades, por lo que ha sido necesario depurar y manejar una gran cantidad de información registrada de aviones previamente tratados para obtener unas duraciones que respondan a valores promedio y que, una vez incorporadas a la simulación, reflejen los problemas que realmente se observan en el día a día del taller. Es así como se han validado los modelos.

Una vez disponible un modelo formal se ha revisado literatura existente sobre la materia y se han recopilado una serie de enfoques para proponer alternativas de actuación con objetivo de mejorar el proceso.

Se ha hecho una revisión cualitativa de los procesos en casos en que no había posibilidad de cuantificación y también una revisión cuantitativa, cuando se disponían de valores numéricos que permiten la simulación y cuantificación de indicadores clave de gestión sobre el desempeño de cada etapa.

Las propuestas manejadas se analizan en término de valorar la mejora esperada y el esfuerzo previsible en llevarla a cabo y se han seleccionado las más interesantes en un diagrama de Pick.

Por último, se han vuelto a modelar las propuestas de cambio tomadas en cuenta, se ha simulado con Bizagi y se ha cuantificado la mejora obtenida en término de aquellos KPI's definidos.

Al final del documento se recogen las conclusiones sobre cómo se alcanza a responder al objetivo previsto y se incluyen una serie de consideraciones sobre aspectos que, con más tiempo y otros medios, se reconoce que se pueden tratar con mayor profundidad y pueden constituir ampliaciones futuras de trabajos a partir de este.

ABSTRACT

During this last year I underwent an internship program related to my degree which entailed working on planning and analysis of the work performed in an aircraft maintenance shop. On the time there I collaborated on improving the management of the tasks performed on the aircrafts.

The services offered are breakdown fixes and, in more quantity, different maintenance checks that the aircraft needs during its lifetime. The latter service also entails the majority of the workload.

Aircraft maintenance must follow strict periodic checks, where the state of the aircraft's systems can vary greatly and thus making the check take longer than expected to ensure the airworthiness of the vehicle.

The workshop is organized in two fully owned hangars and a third one which is outsourced to a cleaning and paint-job company. These outsourced services are not under our control but we own data that will be used to analyze the situation. Every aircraft goes through a reception phase in which the overall state of the vehicle is checked, then a partial disassembly process is performed with many inspections, defects fixing, reassembly of the parts and function test. Only in the complex check services the outsourced paintjob is performed before following with the delivery phase in which the aircraft is given back to the client.

These processes has been modeled using Bizagi as a business process analysis tool where simulation is allowed.

In each phase of the process for every aircraft there is available a great variety of activities, thus a considerable work of data preparation and analysis had to be done to obtain average values, that once put into a simulation, showed the problems observed in the workshop.

With the model, we have examine the available literature about the subject and several alternatives has been offered in order to improve the process.

A qualitative examination has been done where there was not data available and a quatitative study when we had numeric values that allowed the simulation and analysis of KPIs to be performed.

Every improvement alternative has been valued in terms of expected return for the necessary effort and represented in a Pick Diagram.

Lastly, we have simulated the process with the accepted alternatives and quantified the results based on the defined KPIs.

Conclusions are stated at the end of the document on how the goal has been reached including considerations about aspects that with more information and time, could be studied in depth and included as future extensions of this work.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Agradecimientos	vii
Resumen	ix
Abstract	xi
Índice de contenidos	xiii
Índice de tablas	xv
Índice de figuras	xvii
1 Introducción y objeto del trabajo	19
2 Estructura del documento	21
3 Gestión de Procesos de Negocio (BPM)	23
3.1 Apunte histórico sobre BPM	23
3.2 Enfoque teórico sobre gestión de procesos de negocio	24
3.3 Ciclo de vida de BPM	25
4 Business Process Management Notation	27
4.1 El modelado BPMN	27
4.2 Elementos de BPMN	28
4.3 Herramienta de modelado de procesos Bizagi	33
4.3.1 Barra de Herramientas	33
4.3.2 Cinta de opciones	34
4.3.3 Paleta	35
4.3.4 Propiedades del elemento	35
4.3.5 Vista de simulación	35
5 Descripción de la empresa	39
5.1 Descripción del negocio	39
5.2 Instalaciones	39
5.2.1 Nave 1	39
5.2.2 Nave de limpieza y pintura	39
5.2.3 Nave 2	40
5.3 Estructura departamental	40
5.3.1 Dirección	41
5.3.2 Departamento de calidad	41
5.3.3 Departamento de ingeniería	41
5.3.4 Departamento de planificación	41
5.3.5 Producción	41
5.3.6 Departamento de gestión de proyectos	41
5.3.7 Departamento de control de producción	41
5.3.8 Taller	41
6 Descripción del proceso	43
6.1 Actuaciones para las revisiones de mantenimiento de aeronaves	44
6.1.1 Llegada de aviones	44
6.1.2 Limpieza	44
6.1.3 Recepción	45
6.1.4 Primeros desmontajes	46
6.1.5 Primeras inspecciones	46
6.1.6 Desmontajes	47

6.1.7	Inspecciones	47
6.1.8	Correcciones de defectos	48
6.1.9	Montajes	48
6.1.10	Pruebas funcionales	49
6.1.11	Pintura	50
6.1.12	Fases de entrega	51
6.1.13	Corrección de defectos en la nave 1 para revisiones complejas	52
6.2	Actuaciones para la resolución de averías	52
6.2.1	Limpieza	52
6.2.2	Recepción	52
6.2.3	Desmontajes	53
6.2.4	Corrección de defectos	53
6.2.5	Montajes	54
6.2.6	Pruebas funcionales	54
6.3	Modelo	56
7	Simulación y resultados	57
7.1	Resultados de la situación de partida	57
7.2	Problemas observados	59
7.3	Definición de KPIs (Key Performance Indicators)	59
8	Análisis de propuestas	61
8.1	Propuesta 1: Centralizar recursos	64
8.2	Propuesta 2: Reorganizar recursos	69
8.3	Propuesta 3: Asignación flexible	72
8.4	Propuesta 4: Considerar recursos extra	76
8.5	Propuesta 5: Reordenar actividades	80
8.6	Selección de alternativas: análisis PICK de las propuestas de mejora	84
9	Conclusiones y posibles ampliaciones de este trabajo	87
10	Referencias bibliográficas	89
11	Glosario de términos	91
12	Anexos	93
12.1	Ejemplos de la información de origen disponible en el centro	93
12.2	Resumen de los resultados de cada propuesta	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ficha de la tarea 02 Limpieza.	44
Tabla 2: Ficha de la compuerta 03 Puerta exclusiva 1.	45
Tabla 3: Ficha de la tarea 13 Recepción MN.	45
Tabla 4: Ficha de la tarea 14 Desmontajes N1 MN.	46
Tabla 5: Ficha de la tarea 15 Inspecciones N1 MN.	46
Tabla 6: Ficha de la tarea 19 Desmontajes N2.	47
Tabla 7: Ficha de la tarea 20 Inspecciones N2.	47
Tabla 8: Ficha de la tarea 21 Corrección defectos MN.	48
Tabla 9: Ficha de la tarea 23 Montajes MN.	48
Tabla 10: Ficha de la tarea 22 Pruebas funcionales MN.	49
Tabla 11: Ficha de la compuerta 26 Puerta exclusiva 3.	50
Tabla 12: Ficha de la tarea 27 Pintura.	50
Tabla 13: Ficha de la tarea 28 Entrega ES.	51
Tabla 14: Ficha de la tarea 31 Entrega CO.	51
Tabla 15: Ficha de la tarea 31 Corrección defectos N1.	52
Tabla 16: Ficha de la tarea 04 Recepción AV.	52
Tabla 17: Ficha de la tarea 05 Desmontajes N1 AV.	53
Tabla 18: Ficha de la tarea 09 Corrección defectos AV.	53
Tabla 19: Ficha de la tarea 07 Montajes AV.	54
Tabla 20: Ficha de la tarea 08 Pruebas funcionales AV.	54
Tabla 21: Duración y recursos utilizados por cada fase.	55
Tabla 22: Resultados de la simulación del modelo en la situación de partida.	57
Tabla 23: Ocupación de recursos de la simulación del modelo en la situación inicial.	58
Tabla 24: Valores de los indicadores en la situación inicial.	60
Tabla 25: Cuadrilátero del Diablo aplicado a los indicadores (KPI) definidos en el proceso.	63
Tabla 26: Resultados de la simulación al aplicar la propuesta 1.	64
Tabla 27: Ocupación de recursos al aplicar la propuesta 1.	65
Tabla 28: Valores de los indicadores al aplicar la propuesta 1.	65
Tabla 29: Resultados de la simulación al aplicar la propuesta 1 con límite.	66
Tabla 30: Ocupación de recursos al aplicar la propuesta 1 con límite.	67
Tabla 31: Valores de los indicadores al aplicar la propuesta 1 con límite.	67
Tabla 32: Resultados de la simulación al aplicar la propuesta 2.	69
Tabla 33: Ocupación de recursos al aplicar la propuesta 2.	70
Tabla 34: Valores de los indicadores al aplicar la propuesta 2.	70
Tabla 35: Resultados de la simulación al aplicar la propuesta 3.	72

Tabla 36: Ocupación de recursos al aplicar la propuesta 3.	73
Tabla 37: Valores de los indicadores al aplicar la propuesta 3.	73
Tabla 38: Resultados de la simulación al aplicar la propuesta 3 con límite.	74
Tabla 39: Ocupación de los recursos al aplicar la propuesta 3 con límite.	74
Tabla 40: Valores de los indicadores al aplicar la propuesta 3 con límite.	75
Tabla 41: Resultados de la simulación al aplicar la propuesta 4.	76
Tabla 42: Ocupación de recursos al aplicar la propuesta 4.	77
Tabla 43: Valores de los indicadores al aplicar la propuesta 4.	77
Tabla 44: Resultados de la simulación al aplicar la propuesta 4 reducida.	78
Tabla 45: Ocupación de recursos al aplicar la propuesta 4 reducida.	78
Tabla 46: Valores de los indicadores al aplicar la propuesta 4 reducida.	79
Tabla 47: Ocupación de recursos al aplicar la propuesta 5.	82
Tabla 48: Valores de los indicadores al aplicar la propuesta 5.	83
Tabla 49: Resumen de los resultados de cada propuesta.	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de ciclo de vida de BPM.	25
Figura 2: Imágenes utilizadas por BPMN para eventos.	28
Figura 3: Imágenes utilizadas por BPMN para compuertas principales.	29
Figura 4: Contenedores en BPMN.	29
Figura 5: Carriles en BPMN.	30
Figura 6: Fases en BPMN.	30
Figura 7: Proceso tipo orquestación en BPMN.	31
Figura 8: Proceso tipo coreografía en BPMN.	32
Figura 9: Proceso tipo colaboración en BPMN.	32
Figura 10: Bizagi, ventana inicial.	33
Figura 11: Bizagi, barra de herramientas.	33
Figura 12: Menú de personalización de la barra de herramientas.	34
Figura 13: Pestaña Inicio en Bizagi.	34
Figura 14: Ventana de validación del proceso.	35
Figura 15: Ventana de análisis de tiempo.	36
Figura 16: Ventana de análisis de recursos.	36
Figura 17: Esquema de las instalaciones del centro de mantenimiento.	40
Figura 18: Organigrama del centro de mantenimiento.	40
Figura 19: Diagrama del subproceso de las tareas en nave 2.	49
Figura 20: Diagrama del proceso principal.	56
Figura 21: Gráfico polar de los valores de indicadores al aplicar la propuesta 1.	68
Figura 22: Gráfico polar de los valores de indicadores al aplicar la propuesta 2.	71
Figura 23: Gráfico polar de los valores de indicadores al aplicar la propuesta 3.	75
Figura 24: Gráfico polar de los valores de indicadores al aplicar la propuesta 4.	79
Figura 25: Diagrama del modelo al aplicar la propuesta 5.	81
Figura 26: Gráfico polar de los valores de indicadores al aplicar la propuesta 5.	83
Figura 27: Ejemplo de gráfico PICK.	84
Figura 28: Gráfico PICK de clasificación de las propuestas de mejora consideradas.	85

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL TRABAJO

El origen y motivación de este Trabajo Fin de Grado fue la realización de unas prácticas de empresa relacionadas con mis estudios e inquietudes en un taller de mantenimiento de aeronaves en las que gestionaba los sistemas de información y asistía en la planificación de los trabajos del centro.

A raíz de las prácticas observé el modo en el que se organizan los trabajos para prestar servicio a los aviones que llegaban.

Durante la realización del trabajo ha habido aspectos a los que no he tenido acceso, por las características de los aviones que se trataban, como son los costes en que se incurre y la obtención o no de beneficios. Se restringía a la provisión del servicio en condiciones de calidad y tiempo y a este fin he dedicado el contenido de este documento.

Por tanto, el objeto de este Trabajo Fin de Grado es el análisis de los procesos que se siguen en un taller de mantenimiento de aviones a partir de la formalización de los modelos correspondientes y la propuesta y evaluación de alternativas que permitan mejorar el desempeño del centro en términos interesantes para la empresa.

2 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

El documento se compone de una serie de capítulos que recogen el conjunto de trabajos realizados:

- Después de unos puntos introductorios y de definición del objeto del trabajo, en los capítulos 3 y 4 se hace un resumen de lo que supone el enfoque BPM de gestión de procesos de negocio y el modo de notación que utiliza BPMN. Necesariamente breves porque es materia conocida de nuestra carrera. También se introduce la herramienta de modelado y simulación de procesos utilizada: Bizagi.
- En el capítulo 5 se hace una descripción de la empresa sobre la que me centro en sus características más relevantes para el trabajo.
- En el capítulo 6 se hace una descripción de los procesos que se analizan, desde una descripción informal de los mismos obtenida a raíz de mi experiencia en la empresa y las conversaciones con los responsables de las distintas áreas, hasta el modelado con Bizagi que permita su tratamiento posterior.
- En el capítulo 7 se analiza la situación inicial y se definen unos indicadores sobre el desempeño del proceso y se cuantifican para el modo de trabajo original de la empresa.
- En el capítulo 8 se identifican y valoran una serie de propuestas alternativas a partir de las situaciones observadas. Se seleccionan las más interesantes, se analizan cuantitativamente y se comparan.
- Por último, se exponen las conclusiones del trabajo y se completa la parte formal del glosario de términos utilizados y referencia bibliográficas tomadas en cuenta.
- Al final del documento se incorporan en anexos algunos ejemplos de la extensa información utilizada en el documento y que, por su volumen, no vale la pena incluirla junto a su utilización.

3 GESTIÓN DE PROCESOS DE NEGOCIO (BPM)

Antes de entrar en teoría sobre Gestión de Procesos merece la pena hacer una pequeña revisión histórica.

3.1 Apunte histórico sobre BPM

La idea principal de BPM es centrar la atención en los procesos a la hora de organizar y gestionar el trabajo en la empresa. Esta idea puede parecer simple e intuitiva a primera vista. En efecto, si nos preocupa la calidad de un cierto producto o servicio, ¿por qué no considerar los distintos pasos necesarios para producirlos?. Más o menos simple, la realidad es que llevó varias evoluciones antes de que formase parte integral de las organizaciones

El camino recorrido por la gestión de procesos (BPM) no ha sido fácil y se ha valido de otros intentos para establecerse como un método fiable para conseguir eficiencia organizacional a través del enfoque a procesos.

La idea de que el trabajo podía ser vista como un proceso, y ser mejorado, no es reciente. El inicio de esta visión se podría remontar, al menos, a Frederick Taylor a principios del siglo XX cuando se desarrollaron técnicas de sistematización y división del trabajo. Sin embargo estas técnicas se aplicaron exclusivamente a trabajos manuales. Este planteamiento llevó a que los trabajadores se convirtiesen en especialistas de una sola parte del proceso de negocio. No sólo se experimentó este cambio en la industria, sino también en trabajos administrativos. Inevitablemente surgió así la figura del manager. Los managers eran responsables de que se consiguieran los objetivos de productividad y sus intereses pasaban por optimizar cómo se realizaban las tareas con los recursos bajo su supervisión. Para diferenciar las competencias de los managers, las compañías se estructuraron bajo los principios de división del trabajo. Naciendo así la organización funcional. por lo que se vieron fácilmente olvidadas y superadas a mediados de siglo por las innovaciones de la industria japonesa.

Un evento relevante para el desarrollo de BPM fue la compra de una sección financiera de Mazda por parte de Ford en los años 80. Ford vio equipos muy reducidos en ciertas áreas de Mazda en comparación con lo que tenía Ford por aquel entonces. Un caso muy estudiado fue el del proceso de compras. En este proceso cada orden de adquisición de producto tenía que pasar por el departamento de compras. Este departamento enviaba la orden de compra a los proveedores oportunos y una copia de esa orden a cuentas por pagar. Cuando el proveedor enviaba la mercancía, esta se recibía en los almacenes de Ford además de una factura directamente en cuentas a pagar.

Fundamentalmente, la gestión de cuentas a pagar trataba de corregir discrepancias en las decenas de campos entre los tres tipos de documentos que recibían. Descubrir y clasificar estas discrepancias ocupaban a centenas de trabajadores de Ford. Por el contrario, en Mazda sólo trabajaban cinco personas en esas labores. Mientras en Ford se lidiaba con las discrepancias una a una, en Mazda las evitaban de raíz.

Tras un estudio exhaustivo, Ford implementó varias mejoras. En primer lugar se desarrolló una base de datos central que almacenaría toda la información que producía y manejaba el departamento de compras. Esta base de datos eliminó uno de los flujos de papel iniciales.

Por otra parte, se instalaron equipos informáticos que daban acceso directo a la base de datos en los almacenes. Cuando las adquisiciones llegaban al almacén, el personal verificaba inmediatamente si coincidía con la orden. En caso de no coincidir, la mercancía no se aceptaba y era devuelta al proveedor. Esto ponía sobre el tejado del proveedor la responsabilidad de asegurar la entrega y liberaba recursos de Ford.

Finalmente, y debido a lo anterior, la única labor de cuentas a pagar era cerciorarse de que se pagaba la orden registrada en la base de datos. A consecuencia de esta nueva disposición del trabajo, Ford consiguió reducir en un 75% la plantilla involucrada en este proceso.

Los estudios producidos por Davenport y Short (Davenport & Short, 1990) desencadenó una extendida adopción del concepto de gestión de BPR (reingeniería de procesos de negocio). En la década de los 90 se publicaron numerosos estudios y libros sobre este concepto y muchas empresas formaron equipos para revisar y rediseñar los procesos internos.

Sin embargo, a finales de esta década disminuyó el entusiasmo con BPR y muchas compañías dejaron de financiar las iniciativas relacionadas con el concepto.

Se podrían relacionar varios factores que precipitaron la caída de BPR. Primeramente, se utilizaba el concepto erróneamente ya que la mayoría de estos proyectos no se centraban en procesos “core” de la empresa y sin embargo se incluían bajo el paraguas de BPR. Estos casos involucraban frecuentemente reducciones en el número de trabajadores, por lo que se creaba un rechazo a BPR por parte de operarios y mandos medios.

Otro factor de peso era el radicalismo que proponían los autores de BPR. Mientras que en algunos casos puede ser aconsejable una revisión y ajuste completo de los procesos, en la mayoría de casos se requiere de una mejora gradual.

También se identificaba una inmadurez tecnológica. Muchas empresas se encontraban con el problema de que las tecnologías no estaban disponibles o no eran lo suficientemente potentes como para llevar a cabo las mejoras. Algo común era que quienes se esforzaban en rediseñar los procesos veían sus intenciones frustradas por las rígidas aplicaciones que existían por aquel entonces.

Posteriormente, dos eventos clave hicieron renacer las ideas detrás de BPR y sentaron las bases para el surgimiento de BPM. Primero se desarrollaron estudios empíricos que demostraban que las empresas con enfoque a procesos presentaban mejores resultados que aquellas que no lo hacían.

El segundo evento fue el gran desarrollo tecnológico que se dio. Surgieron diferentes sistemas de gestión, siendo los más notables los sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) y WfMSs (Workflow Management Systems). A grandes rasgos los sistemas ERP se encargan de almacenar la información relevante del negocio de una forma consistente y de hacerla accesible para todas las entidades de las compañías. Por otra parte los sistemas WfMSs distribuyen el trabajo a los diferentes actores de las compañías de forma flexible, lo que hace más fácil la implementación de cambios en los procesos de negocio.

3.2 Enfoque teórico sobre gestión de procesos de negocio

Se podrían dar muchas definiciones de lo que es la gestión de procesos de negocio. Muchos proveedores de software y profesionales de las industrias afirmaban que la tecnología (herramientas de automatización) era un componente esencial de BPM, esa observación veremos que está lejos de ser verdad.

Una definición válida de la gestión de procesos (BPM) podría ser:

La consecución de los objetivos de una organización a partir de la mejora, gestión y control de los procesos esenciales de negocio.

BPM hace esa mejora tangible focalizándose en el desempeño de los procesos en términos de eficiencia y eficacia.

Es importante también hacer ver que la gestión de procesos no tiene una línea de meta, ha de ser vista como un programa que necesita de un mantenimiento y actualización continua. Requiere una perspectiva organizacional completa y estrategia común, a veces difícil de encontrar en muchas compañías.

BPM, como todo programa, consta de fases diferenciadas y relacionadas que conocemos como ciclo de vida de BPM.

3.3 Ciclo de vida de BPM

En general, la primera pregunta que se hace el equipo del proyecto de gestión de procesos es “¿qué procesos vamos a intentar mejorar?”. Incluso antes de tomar la decisión de implantar BPM en la organización, seguramente ya se tenga una idea de los problemas operativos a los que el equipo va a hacer frente. Por lo tanto, nunca se empieza desde cero. En líneas generales, el ciclo de vida de BPM en la organización se puede ver como sigue:

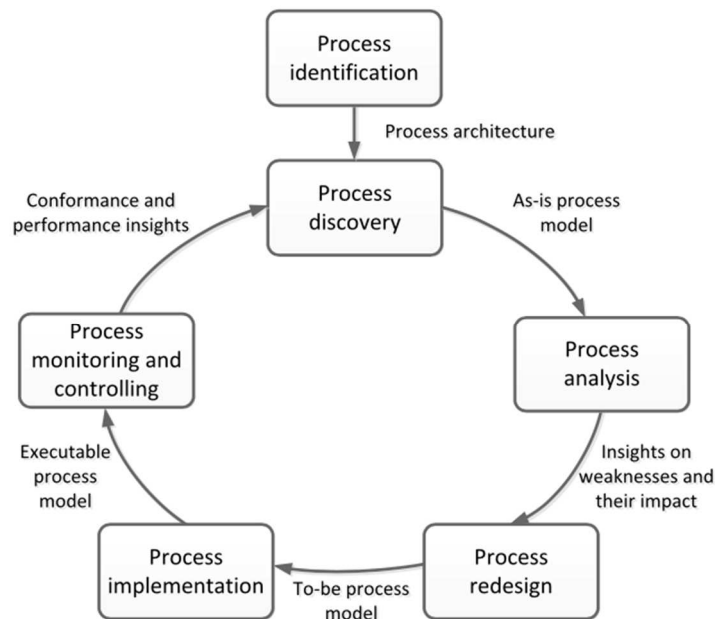


Figura 1: Diagrama de ciclo de vida de BPM.

Fuente: (Dumas, La Rosa, Mendling, & Reijers, 2013)

- **Identificación de los procesos.** En esta fase se plantea un problema del negocio y se identifican procesos relevantes al problema, claramente delimitados y relacionados. El producto de esta fase es la formalización de los procesos del negocio, nueva o actualizada, que proporciona una visión general de los procesos que se realizan.
- **Modelado de procesos as-is.** Aquí, se documenta el detalle de los procesos en su situación actual.
- **Análisis de procesos.** En esta fase se identifican los problemas asociados al modelo as-is, documentados y, si es posible, medidos usando métricas de desempeño. Estos problemas además se deberán ordenar en términos de impacto en el conjunto y facilidad de actuación sobre ellos.
- **Rediseño de procesos.** También llamado a veces mejora de procesos, su objetivo es encontrar posibles cambios que hagan mejorar los problemas identificados anteriormente y los objetivos de desempeño requeridos por la organización. Los cambios prometedores normalmente se combinan para dar un proceso rediseñado. El producto de esta fase es el modelo to-be que sirve de base para la fase siguiente.
- **Implementación y ejecución.** En esta fase se llevan a la realidad los cambios plasmados en los modelos. Normalmente consta de dos partes diferenciadas, la gestión de cambios organizacionales y la automatización de procesos. Por supuesto, los cambios organizacionales deben ser

gestionados primero, éstos tratan de la forma de trabajar de los participantes de la organización. Por otra parte, la automatización, es la fase en la que se desarrollan y se instalan sistemas nuevos (o actualizados). La automatización siempre debe llevar detrás un respaldo y alinearse a los cambios organizacionales y no al revés.

- Monitorización y control de los procesos. Una vez que el proceso rediseñado se pone en marcha, se trata de adquirir información, analizarla y compararla con los objetivos que la organización se había marcado. Pueden surgir nuevos problemas en el mismo proceso o inducirlos en otros, haciendo que el ciclo se repita continuamente.

Por lo tanto, BPM es:

- ✓ Más que sólo software.
- ✓ Más que una mejora o reingeniería de los procesos.
- ✓ Parte integral de la gestión.
- ✓ Más que sólo modelar: es también implementación y ejecución de los procesos, los cuales requieren de un análisis exhaustivo.

Las empresas a menudo, con la compra de una herramienta de software para el modelado de procesos, creen que la mejora de sus procesos está garantizada. Pero, sin una metodología común, dedicación por parte de los gestores y habilidad, el software y la tecnología son inútiles en general.

A su vez, la simple automatización de las tareas (sin análisis previo, documentación y modelado) supone, con bastante probabilidad, el empeoramiento del desempeño de la organización.

4 BUSINESS PROCESS MANAGEMENT NOTATION

4.1 El modelado BPMN

En este trabajo se va a hacer uso de los diagramas BPMN (Business Process Management Notation) por el número de herramientas disponibles que permiten su implementación ágil y por ser el enfoque más extendido para modelar los procesos de negocio de organizaciones de diversa índole.

BPMN es una metodología ampliamente estudiada y contrastada para la que hay experiencia de uso que se plasma en documentos. En una organización de tamaño considerable, donde frecuentemente nos encontramos cadenas de suministro globales, la comunicación se convierte en un factor muy importante cuya solución se traduce en ventajas competitivas. BPMN busca que los modelos desarrollados sirvan para respaldar programas de mejora y ayudar a la comunicación dentro de la empresa soportando altos niveles de detalle.

BPMN nace en 2001 cuando el BMPI (Business Process Management Initiative), una organización sin ánimo de lucro, comienza a desarrollar BPML (Business Process Management Language, basado en XML de ejecución de procesos), con la posterior necesidad de dotar al lenguaje de herramientas de representación gráfica.

Su principal objetivo fue el de consolidar los principios existentes en esta temática, para proporcionar una notación única de comprensión fácil para todo tipo de usuarios de la empresa y de este modo servir de puente de comunicación de la información de los procesos de negocio.

Fue especialmente interesante la cantidad de organizaciones que participaron en su formulación, ya que a BPMI se unió el Notation Working Group que estaba compuesto por 35 compañías con perspectivas e intereses diferentes en la formalización del modelado de negocios.

En Mayo de 2004 se publicó la especificación 1.0 de BPMN y desde entonces más de 50 compañías han implementado utilidades al estándar. En Febrero de 2006 esta especificación fue adoptada como una metodología estándar OMG (una vez que BPMI.org se integró en el OMG).

Cabe destacar que cuando se comenzó el desarrollo de la primera versión de BPMN habían—y todavía hay— muchas notaciones de modelado de procesos de negocios, distribuidas usando distintas herramientas y dentro de diversas metodologías.

Dos años más tarde, en Febrero de 2008 OMG publica la versión final de BPMN 1.1 disponible públicamente y una revisión menor con la denominación 1.2 sin cambios en el aspecto gráfico.

En 2009 aparece el primer borrador y en 2011 la versión definitiva de la edición de BPMN 2.0 que, con pequeños cambios, se mantiene en la actualidad en su versión 2.0.2.

4.2 Elementos de BPMN

La representación de un proceso de negocio tiene el aspecto de un diagrama de flujo en el que se utilizan una serie de elementos reconocibles. Los más destacados dentro de BPMN son:

- Eventos. Representan sucesos a lo largo del proceso. Se denotan gráficamente por una circunferencia y pueden ser de varios tipos:
 - Eventos de inicio: indica el suceso que provoca el inicio de un proceso. Aparecen con trazo sencillo estrecho.
 - Eventos intermedios: indican cuando ocurre un suceso a lo largo del proceso. Se representan con un trazo estrecho doble.
 - Eventos de final: Señalan los posibles puntos de terminación del proceso. Aparecen con trazo sencillo grueso.

Pueden aparecer varios eventos del mismo tipo en un proceso.




	Evento de inicio simple
	Evento intermedio
	Evento de fin de un proceso

Figura 2: Imágenes utilizadas por BPMN para eventos.

Fuente: BPMN. Guía de referencia y modelado.

Un evento responde a diferentes finalidades. Sin ser exhaustivo, las principales son:

- Actividades: vienen a indicar lo que se realiza en un determinado momento. Se representan por un rectángulo conteniendo información concisa. Pueden corresponder a varios tipos normalmente clasificados en tareas y subprocesos. Si la figura es como la anterior se trata de una tarea simple y se considera que no puede dividirse a efectos prácticos. Si la figura contiene un “signo de más” en la parte inferior se trataría de un subproceso, pudiéndose abrir para más detalles.



- Compuertas: su función es la de dividir o converger los flujos de el proceso. En definitiva, abren varias alternativas en un determinado punto para representar la toma de decisiones que comportan actuaciones diferentes (compuerta exclusiva) o, por ejemplo, para indicar que ha de esperarse a la terminación de varias tareas para continuar (compuerta paralela).





 o 	Compuerta exclusiva
	Compuerta inclusiva
	Compuerta paralela

Figura 3: Imágenes utilizadas por BPMN para compuertas principales.

Fuente: BPMN. Guía de referencia y modelado.

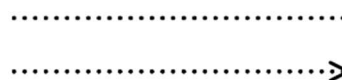
- Conectores: representan el flujo del proceso uniendo eventos, tareas y compuertas.
 - Una flecha de trazo continuo define el orden de los objetos de flujo en un proceso (Eventos, Tareas y Compuertas).



- Una flecha de trazo discontinuo representa la comunicación de información entre dos entidades.



- Un trazo punteado se utiliza para vincular Artefactos (explicado más adelante) con otros objetos del diagrama, también objetos de flujo (Eventos, Tareas y Compuertas).



- Contenedores: también llamados Pools, representa a participantes y agrupan los elementos (anteriormente explicados) pertenecientes a ese participante. Existe un contenedor principal donde se recoge el conjunto del proceso.

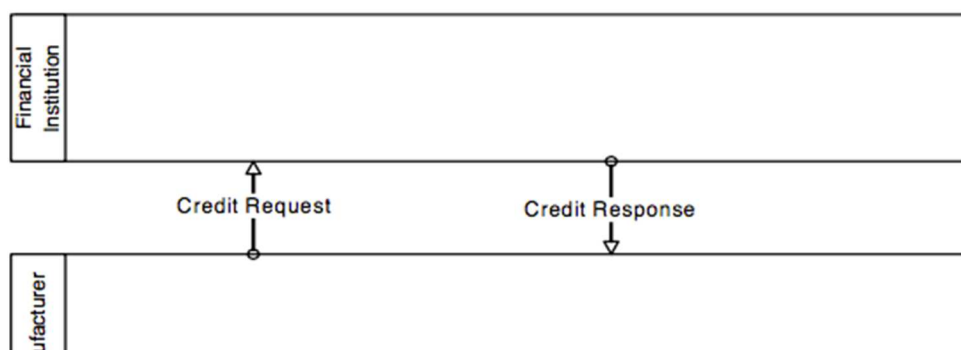


Figura 4: Contenedores en BPMN.

Fuente: BPMN. Guía de referencia y modelado.

- Carril: es una partición del contenedor principal que recoge un rol de negocio dentro del proceso. Recogen las actividades que este realiza. Se presentan en una distribución ordenada de uno debajo del otro. Es un mecanismo genérico para repartir los objetos de flujo dentro del Contenedor.

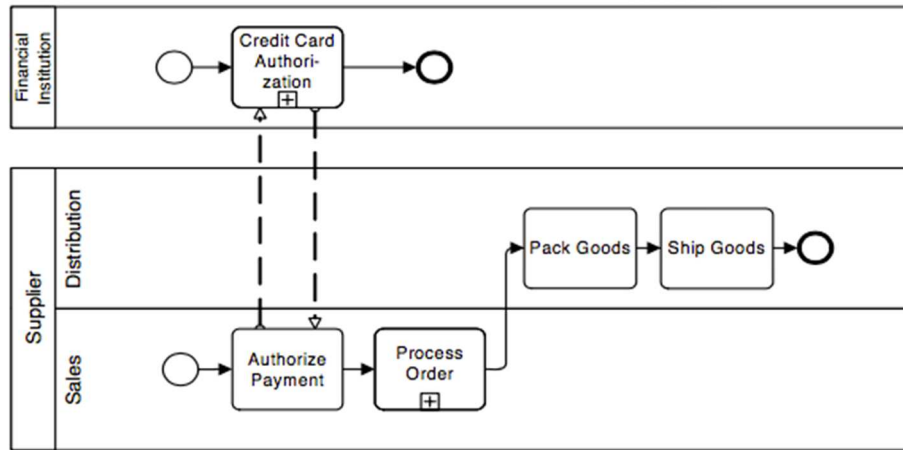


Figura 5: Carriles en BPMN.

Fuente: BPMN. Guía de referencia y modelado.

- Fase: representa las distintas etapas temporales en el proceso y se representan en una distribución lateral avanzando hacia la derecha.

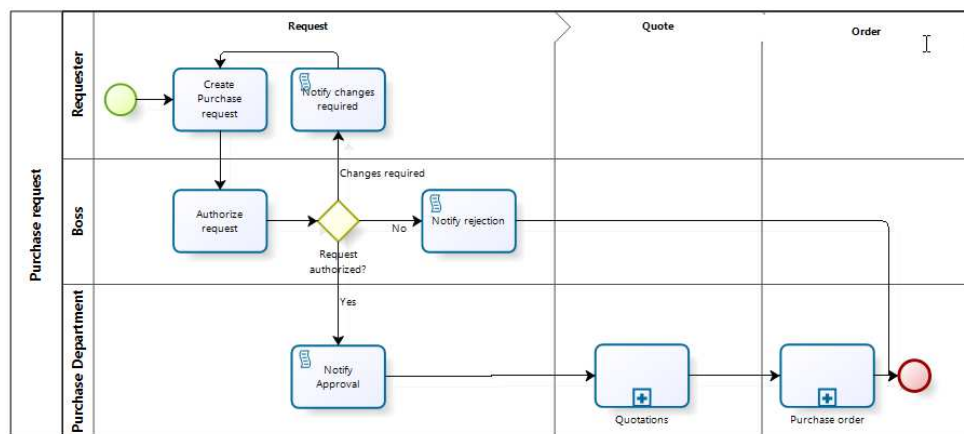


Figura 6: Fases en BPMN.

Fuente: (Bizagi Process Modeler, 2019).

- Artefactos: son elementos que permiten incorporar información adicional sobre el proceso aparte de los mecanismos formales que se han explicado antes. Esta información no tiene influencia sobre las características del modelo. Hay tres artefactos estándar:

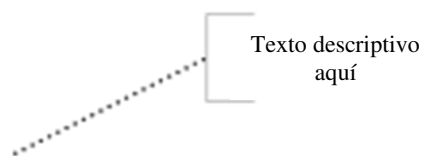
- Objetos de datos: representan documentos y, en general, soportes de datos que se manipulan en el proceso. Se representan con un icono de una hoja de papel con una esquina doblada.



- Grupos: mediante rectángulos con línea de otro trazo o color se pueden resaltar partes homogéneas en el diagrama de un proceso para categorizar objetos de flujo. Es posible rodear objetos pertenecientes a distintos roles (Carriles).



- Anotaciones de texto: permiten incorporar información aclaratoria sobre el modelo.



BPMN reconoce distintas categorías de procesos según el ámbito y propone distintos marcos de representación:

- Proceso de orquestación: establece la categoría más sencilla puesto que muestran a una única entidad llevando a cabo sus actividades.

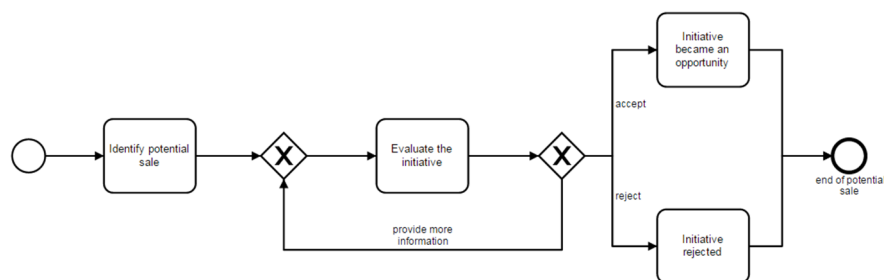


Figura 7: Proceso tipo orquestación en BPMN.

Fuente: BPMN. Guía de referencia y modelado.

- Proceso de coreografía: es aquel en el que varios agentes interaccionan y representa los mensajes o peticiones entre ellos.

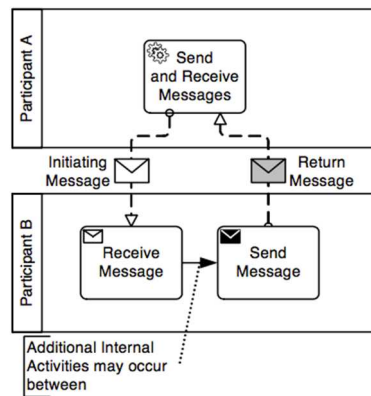


Figura 8: Proceso tipo coreografía en BPMN.

Fuente: BPMN. Guía de referencia y modelado.

- Proceso de colaboración: es el tipo de proceso más complejo, aparece más de un contenedor y varios carriles en su interior.

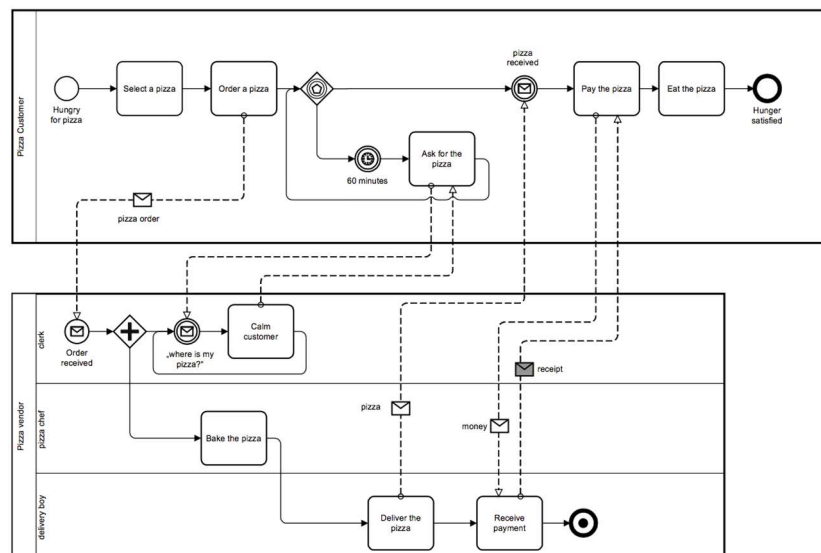


Figura 9: Proceso tipo colaboración en BPMN.

Fuente: BPMN. Guía de referencia y modelado.

v

4.3 Herramienta de modelado de procesos Bizagi

Además de la metodología de modelado, es necesario utilizar una herramienta informática sobre la que implementar los procesos y que disponga de funcionalidades para el análisis. Bizagi Process Modeler es un software abierto para desarrollar diagramas, documentar y simular procesos de manera gráfica bajo el estándar BPMN (Business Process Modeling Notation).

La interfaz de usuario es muy intuitiva y simple, esto hace que se pueda manejar el software con soltura rápidamente. Sus elementos principales son:

- Barra de herramientas
- Cinta de opciones
- Paleta
- Propiedades del elemento
- Vista de simulación

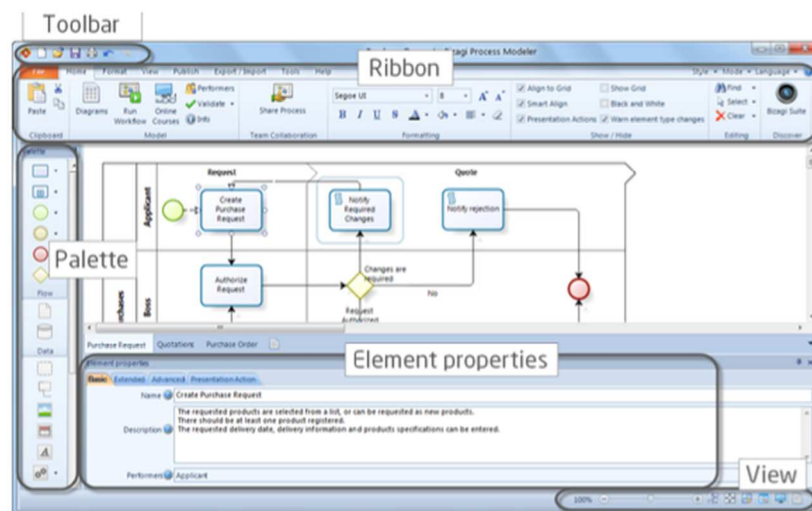


Figura 10: Bizagi, ventana inicial.

Fuente: Bizagi.

4.3.1 Barra de Herramientas

La barra de herramientas tiene accesos rápidos a cualquier menú del Modelador de Procesos.

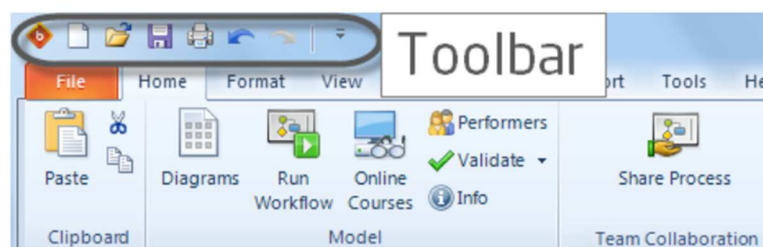


Figura 11: Bizagi, barra de herramientas.

Fuente: Bizagi.

Esta barra se puede modificar al gusto de el modelador. Para ello, hay que clicar en la pestaña desplegable a la derecha y seleccionar *Personalizar Barra de Acceso Rápido*.

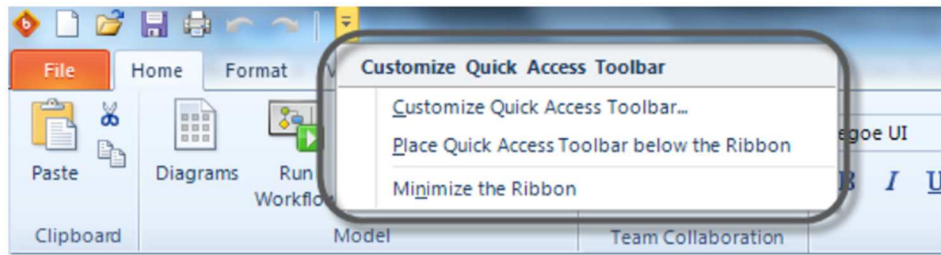


Figura 12: Menú de personalización de la barra de herramientas.

Fuente: Bizagi.

En el menú desplegable se puede elegir el ítem que se desee y agregarlo o eliminarlo de la barra de acceso rápido a conveniencia.

4.3.2 Cinta de opciones

La cinta de opciones contiene los controles principales para administrar los modelos. Los controles están clasificados en pestañas organizadas en:

- Archivo. Permite gestionar la apertura y guardado de archivos.
- Inicio. Contiene las funcionalidades principales del modelado como la gestión de los diagramas, la validación de éstos, gestionar los recursos y acceder a la vista de simulación.

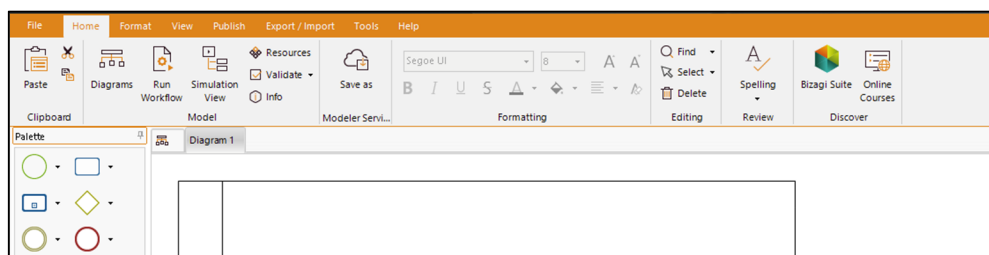


Figura 13: Pestaña Inicio en Bizagi.

Fuente: Bizagi.

- Formato. Contiene las herramientas de edición del formato de los diagramas y textos.
- Vista. Contiene las herramientas necesarias para desplazarse y facilitar la edición de los diagramas.
- Publicar. Esta pestaña contiene las herramientas para la exportación a formatos comunes como .pdf, .xlsx, .doc...
- Exportar/Importar. En esta pestaña se concentran las herramientas para la exportación en formatos de lenguajes específicos de modelado de procesos tales como .BPMN, XPD, Visio...
- Herramientas. Es una pestaña con pocas funcionalidades que permite ver los elementos adjuntos en los diagramas, un contador de los distintos tipos de elementos y gestionar artefactos customizados.
- Ayuda. Contiene acceso a tutoriales, ejemplos, foros y soporte.

4.3.3 Paleta

La paleta contiene elementos gráficos BPMN utilizados para definir el modelo del proceso. Estos son, como se definieron anteriormente:

- Actividades
- Eventos
- Compuertas
- Datos
- Artefactos
- Carriles
- Conectores

4.3.4 Propiedades del elemento

4.3.5 Vista de simulación

Una vez creado el modelo del proceso será necesario validarlo (pulsando el botón “validar”) para asegurarnos que todos los modelos han quedado conectados y que no hay errores de lenguaje, si el modelo no es validado nos mostrará un dialogo con los errores encontrados.

A la vista de simulación se accede pulsando sobre su botón correspondiente dentro del menú de inicio.

Existen 4 niveles en la preparación de la simulación que siguen un orden de concreción ascendente:

- Validación del proceso. Pulsando sobre el elemento evento de inicio, permite ajustar el número y forma de tokens que serán procesados.

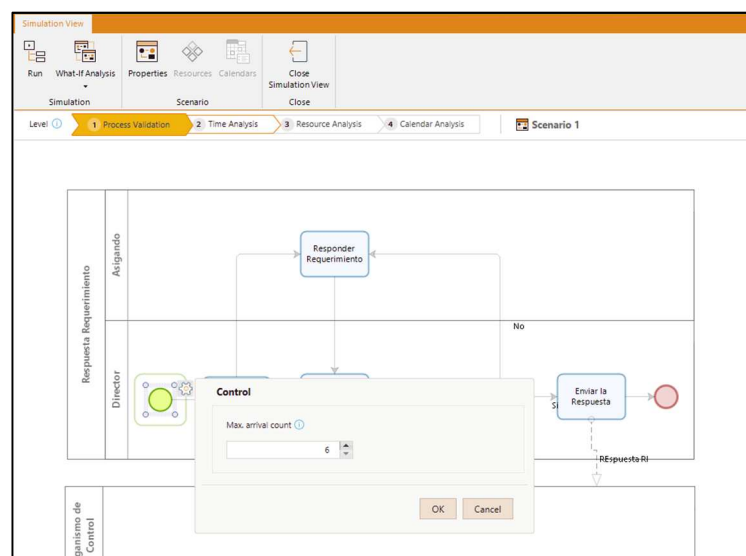


Figura 14: Ventana de validación del proceso.

Fuente: Bizagi.

En este nivel también se ajustan las probabilidades sobre las salidas de las compuertas. Una de las características y ventajas de la vista de simulación es que permite ejecutar la simulación en cada nivel, lo cual nos permite verificar que produce resultados válidos.

- Análisis de tiempo. En este nivel se indican los tiempos de duración de cada una de las tareas

del proceso. Las duraciones podrán ser una medida fija o seguir una de las distribuciones estadísticas comunes que ofrece Bizagi.

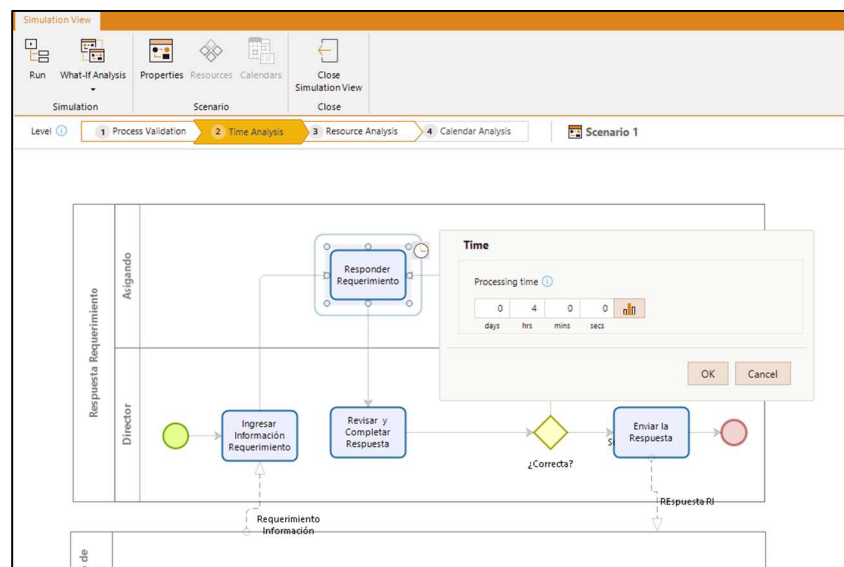


Figura 15: Ventana de análisis de tiempo.

Fuente: Bizagi.

- Análisis de recursos. Aquí se definen qué recursos se van a utilizar en el proceso (personas, herramientas, células...) y la capacidad disponible de cada recurso. Además se pueden definir costes de cada recurso. Este apartado cobra una especial relevancia ya que una definición correcta del uso de recursos dará pie a un análisis más interesante sobre espera de recursos y costes asociados.

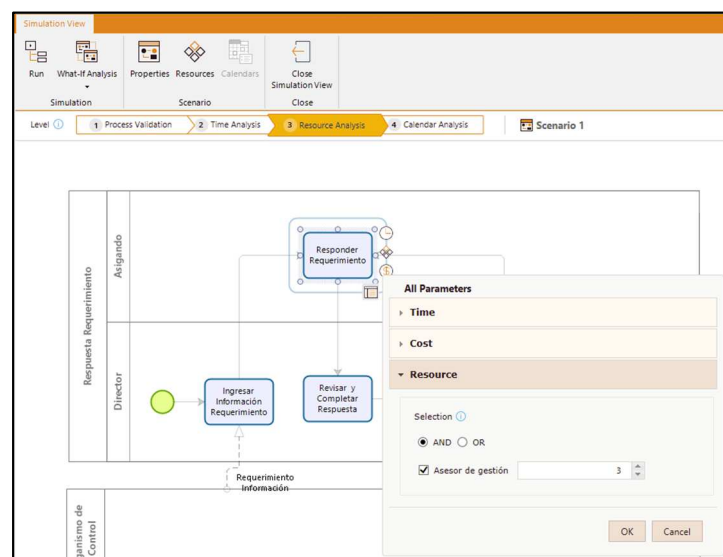


Figura 16: Ventana de análisis de recursos.

Fuente: Bizagi.

- Análisis de calendarios. Este nivel permite la inclusión de horarios, turnos y el carácter de temporalidad del proceso en general. Es interesante para procesos con turnos diferentes de trabajo.

Existe una última herramienta llamada “Análisis What-If”, la cual permite realizar modificaciones en el modelo que quedan recogidos sobre otro escenario para una comparar los resultados producidos por esos cambios.

Esta funcionalidad proporciona mayor rapidez a la hora de comparar resultados aunque su profundidad de análisis es limitada.

5 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

El proceso que se estudia en este trabajo lo desarrolla una importante empresa internacional del sector aeronáutico. El negocio concreto al que pertenece el proceso es el del mantenimiento y reparación de aeronaves de transporte militar. La empresa ha operado en este centro de mantenimiento durante 9 años, emplea directamente a más de 200 personas y factura al año alrededor de 15 millones de Euros.

5.1 Descripción del negocio

El negocio de la reparación y mantenimiento de aeronaves militares es uno de los muchos en los que está involucrada la empresa. Es un negocio en auge que se estima que mueve un total de 22,9 miles de millones de dólares estadounidenses al año (Business Insider, 2018).

Es un negocio altamente competitivo donde las pequeñas y medianas empresas operan aproximadamente un 80% de todos los centros de mantenimiento (Rodrigues & Lavorato, 2016).

Nuestro centro de mantenimiento no forma parte del anterior grupo sino que pertenece a una empresa matriz importante con centros repartidos por muchos países que prestan un servicio post-venta.

Nuestro negocio se ve directamente afectado por decisiones políticas, que son las que determinan cómo y cuándo se invierte en defensa. Por este motivo nuestro centro tiene una planificación a pocos años vista. Tradicionalmente Europa y Norteamérica han supuesto el 80% del gasto en defensa, que ha experimentado recortes debido al impacto de las recientes crisis. Sin embargo, nuestro negocio no se ha visto tan influenciado por estos hechos porque los modelos de aeronaves a los que se presta servicio son operados por un número alto de fuerzas armadas africanas, sudamericanas y orientales.

5.2 Instalaciones

El centro de mantenimiento se alberga en una superficie de aproximadamente 45.000 metros cuadrados con acceso a una pista de aterrizaje. Las instalaciones de la empresa cuentan con tres naves industriales en propiedad donde se llevan a cabo la mayoría de las actividades que realizan.

5.2.1 Nave 1

La nave 1 tiene acceso directo a la pista de aterrizaje y es donde se realizan las tareas a la entrada y a la salida de los aviones. Cuenta con dos posiciones de avión interiores y cuatro exteriores, que se organizan como tres para aviones en fase de entrada y otras tres para aviones en fase de salida. En esta nave también se realizan los trabajos de resolución de averías en su totalidad. La nave cuenta con una pequeña sala de oficina reservada a los responsables de gestión.

5.2.2 Nave de limpieza y pintura

Se encuentra entre la nave 1 y la nave 2. Se divide en dos posiciones separadas físicamente. Una se utiliza exclusivamente para realizar las tareas de limpieza general y desinsectación del avión y la otra para las actividades relacionadas con aplicación de pintura.

Esta nave es operada por una empresa ajena, a la que se subcontrata para que realice las actividades de limpieza y pintura. Esta empresa se compromete a realizar las actividades en fecha con su propia plantilla y materiales, por lo que nuestra empresa no controla la gestión de sus recursos.

5.2.3 Nave 2

La nave 2 es el edificio industrial más grande de las instalaciones con una superficie de aproximadamente 9.000 metros cuadrados y cuenta con seis posiciones de avión interiores. En esta nave se realiza la mayoría del trabajo sobre el avión y por lo tanto es en la que más tiempo está la aeronave. El movimiento de los aviones entre posiciones es escaso, lo normal es que cuando un avión entre en la nave 2 se quede en una misma posición hasta que se hayan terminado todos los trabajos que aquí se realicen. En esta nave también se encuentran las oficinas de la empresa donde se lleva la gestión del centro y sus actividades.

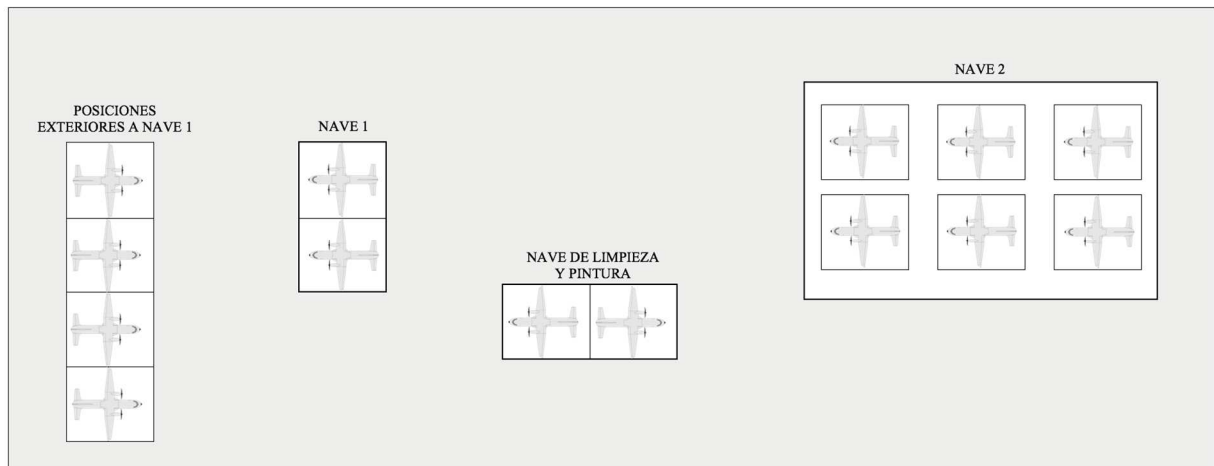


Figura 17: Esquema de las instalaciones del centro de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Estructura departamental

La organización del centro tiene una estructura departamental dividida en cuatro áreas principales: calidad, ingeniería, planificación y producción.

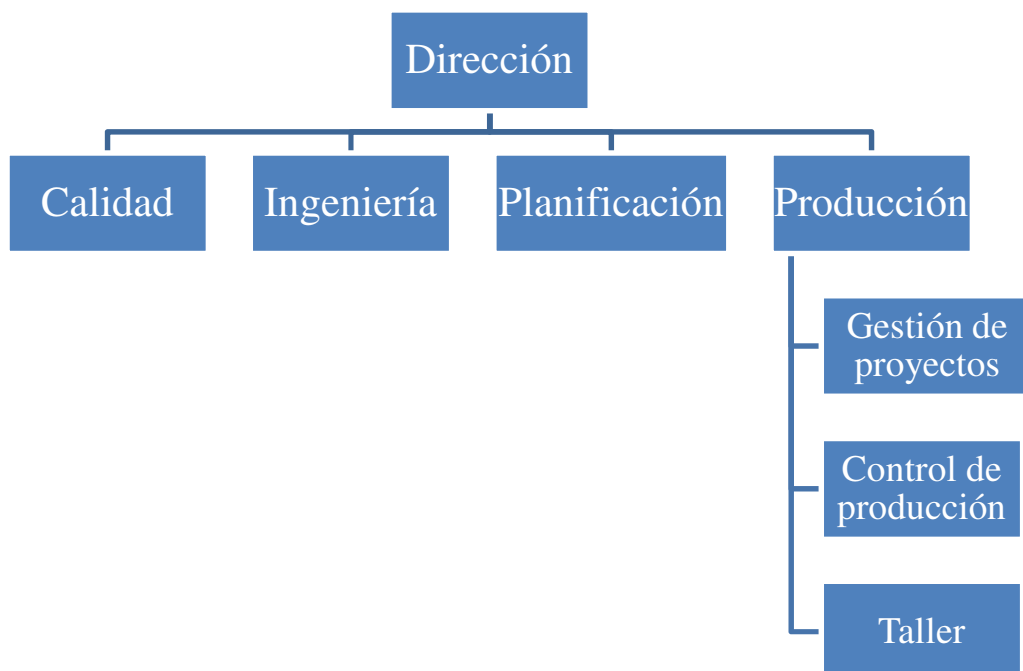


Figura 18: Organigrama del centro de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1 Dirección

La dirección es la encargada de la gestión y estrategia del centro. Sirve como nexo de comunicación con el resto de la compañía matriz, gestiona los contratos y los recursos y planifica la carga de trabajo a medio y largo plazo.

5.3.2 Departamento de calidad

Se encarga de recoger y verificar los trabajos que se realizan en los aviones. Supervisan que el centro esté cumpliendo la normativa que sea aplicable durante los trabajos y que el resultado sea aceptable. Es un departamento transversal que supone un porcentaje alto de la plantilla que trabaja en oficina.

5.3.3 Departamento de ingeniería

Es el encargado de gestionar los trabajos y dar soporte y solución a producción desde el aspecto técnico. Tiene un peso en la compañía menor que el departamento de calidad.

5.3.4 Departamento de planificación

Es el encargado de planificar los trabajos a corto plazo, de la gestión de costes y de la gestión de la información. Es uno de los departamentos más pequeños del centro.

5.3.5 Producción

Es el área más grande de la empresa, siendo el encargado de la producción de todo el centro. Gestiona los recursos y las operaciones a nivel de taller e involucra a un número alto de la plantilla de oficina y a todos los operarios.

5.3.6 Departamento de gestión de proyectos

Es una división del personal de oficina del área de producción encargada tanto de la relación como de la comunicación con el cliente y supervisión del avance de los trabajos en los aviones.

5.3.7 Departamento de control de producción

Es una división del área de producción encargada de la gestión de materiales, compras y comunicación con proveedores y servicios externos.

5.3.8 Taller

El taller es el área donde pone más énfasis este trabajo. Está integrado por todos los operarios y supone el número más alto de personas en el centro. El taller es el encargado de realizar los trabajos sobre los aviones y de recoger y transmitir información sobre éstos. Están integrados por personal de distintos grupos:

- Operarios de nivel 1. Esta clase de operarios se ubican en la nave 2 normalmente y su trabajo abarca las fases de desmontajes, inspecciones y montajes. En servicios de resolución de averías también se trasladan a la nave 1 para ayudar en labores de montaje. Tienen, por lo general, menor formación específica y su trabajo muchas veces queda limitado a las estructuras del avión. Contamos con 25 operarios de este grupo.
- Operarios de nivel 2. Al igual que los de nivel 1, se ubican en la nave 2. Son los encargados de las correcciones de defectos, tanto en las revisiones como en la resolución de averías. Son operarios con un nivel mayor de formación adquirido a través de cursos. El centro cuenta con 12 operarios de este grupo.
- Operarios de nivel 3. Este grupo de operarios es reducido y cuentan con un nivel de formación

y experiencia superior al resto. Sus tareas comprenden las pruebas funcionales tanto para los servicios de revisión como de resolución de averías. El centro cuenta con 5 operarios de este nivel.

- Operarios de nivel 4. A diferencia de los anteriores, este grupo se concentra en las fases que se llevan a cabo en la nave 1, tanto de los servicios de revisión como de resolución de averías. Se caracterizan por ser polivalentes y resolutivos, por lo que llevan a cabo un abanico amplio de tareas. El centro cuenta con 12 operarios de este grupo.

6 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Aunque el mantenimiento de aeronaves se puede explicar como un proceso en serie, esto no es más que una simplificación para facilitar el modelado y entendimiento. La realidad de la naturaleza del proceso es bien distinta a la que se puede encontrar en una línea de ensamblaje final. Durante las revisiones en los aviones nos encontramos con fallos y averías no previstas que obligan a muchos reprocesos y los consecuentes retrasos. La gestión de materiales es también totalmente distinta: en un proceso de ensamblaje el aprovisionamiento de material tiene una previsión menos compleja que en el mantenimiento.

Nuestro proceso también difiere considerablemente del mantenimiento de aviones comerciales. Los aviones militares se enfrentan a situaciones más adversas y operan bajo condiciones lejos de ser óptimas para la longevidad de sus sistemas. Además, los aviones militares siguen normas más livianas en cuanto al mantenimiento en línea por lo que cuando tienen que pasar revisiones periódicas se encuentran en peor estado y aparecen averías inesperadas, al contrario de los aviones comerciales. También tenemos que tener en cuenta que los aviones militares que aquí se tratan tienen un mayor número de componentes mecánicos y peor aislamiento, lo que supone una mayor exposición a corrosiones.

El mantenimiento de aviones también difiere del mantenimiento de otros sistemas debido al nivel e intensidad requeridos de equipamiento, mano de obra, infraestructuras, costes y tiempo. Los equipos de personas aquí realizan tareas de naturaleza diversa en condiciones difíciles y de escasez de tiempo sumado a que la característica principal del proceso es la de ser muy manual.

Los costes asociados a los trabajos sobre el avión, herramientas, equipos de ensayo y soporte suponen más de la mitad del total de los costes derivados de las operaciones (Raju, Gandhi, & Deshmukh, 2012). Otro coste considerable del proceso es el de los ensayos de vuelo que idealmente debería ser solo uno previo a la entrega del avión al cliente, pero que en ocasiones se extiende a varios. Y a su vez las horas de vuelo reducen la vida útil restante del avión.

El resultado de todas las variables anteriores resulta en un proceso de un nivel de complejidad muy alto donde para este trabajo se ha tenido que depurar más de 150.000 registros de tareas sobre aviones de los últimos años suponiendo un total de 4,5 millones de datos.

En anexos se muestran ejemplos de esta amplia documentación.

A continuación se detallan cada uno de los elementos del proceso y se expresan en un cuadro a modo de ficha que ayude en su comprensión.

6.1 Actuaciones para las revisiones de mantenimiento de aeronaves

Las revisiones que se realizan en nuestro centro las diferenciamos en distintos servicios que llamamos revisiones de un año, dos años, cuatro años, seis años y ocho años. Un avión pasará primero la revisión de un año, después la de dos años y así sucesivamente, hasta realizar la revisión de 8 años para después empezar el ciclo de nuevo. La diferencia de estos servicios radica en el número de horas de vuelo que tiene un determinado avión desde su última revisión y/o tiempo natural que ha transcurrido. Estas revisiones siguen los mismos paquetes de tareas, sólo se diferencian en la exigencia de las pruebas y casuísticas particulares, que aumentan en complejidad cuanto mayor sea la revisión.

Dado que nuestra empresa es referencia en el sector, sigue los mayores estándares de calidad y por lo tanto con un coste superior; nuestros clientes son fuerzas armadas que realizan las revisiones de mayor volumen (revisiones de 4 años, 6 años y 8 años). Esto, sumado a que las revisiones anteriores las hacen otros centros, hace que las revisiones que tratamos sean especialmente complejas y por lo tanto más prolongadas. Se suele decir que en el historial de un avión debe haber más horas de mantenimiento que de vuelo.

Las actuaciones concretas que se hacen sobre el avión son:

6.1.1 Llegada de aviones

Es el momento en el que el avión llega a las instalaciones de la empresa y queda bajo su responsabilidad. En el proceso real la llegada de aviones está concertada con meses de antelación, esto es difícilmente modelable y queda fuera del objetivo de este trabajo. La llegada de aviones se ha modelado de tal manera que sature el proceso para que afloren las carencias en las simulaciones posteriores.

6.1.2 Limpieza

El primer paquete de tareas que se realiza al avión son las de limpieza. Conllevan la desinsectación y limpieza general de la aeronave. Estas tareas las realiza la empresa subcontratada en la nave de limpieza y no pueden ser directamente monitorizadas. La empresa tiene establecido que el avión pasa 3 días en esta fase.

A partir de ésta, se detallará el contenido de cada tarea en una ficha con indicación de las circunstancias que le afectan, las actividades que preceden y le siguen y el tiempo promedio estimado de duración.

Este tiempo se ha obtenido de los datos registrados disponibles de aviones de últimos dos años.

Número	02
Tipo	Tarea
Nombre	Limpieza
Nave	Nave de limpieza
Recursos	-
Antecesor	01 Llegada aviones
Sucesor	03 Puerta exclusiva 1
Tiempo promedio	3 días

Tabla 1: Ficha de la tarea 02 Limpieza.

Fuente: Elaboración propia.

Todos los aviones pasan por esta limpieza. A continuación se valora si acude por una revisión o la resolución de una avería.

Número	03
Tipo	Compuerta
Nombre	Puerta exclusiva 1
Antecesor	02 Limpieza
Sucesores	04 Recepción AV y 12 Puerta paralela 2
Salida Avería	13%
Salida Mantenimiento	87%

Tabla 2: Ficha de la compuerta 03 Puerta exclusiva 1.

Fuente: Elaboración propia.

La proporción de las aeronaves que acuden por avería o mantenimiento se ha obtenido de los datos registrados de años anteriores.

6.1.3 Recepción

Tras ser limpiado y desinsectado se mueve a la nave 1, en la que ocupará una posición de nave 1 de entrada. En esta fase se realiza el paquete de tareas que incluye diversas pruebas para determinar el estado general de la aeronave, vaciado de depósitos e inertización de éstos, ventilación, desconexión de baterías, preservado de motores, comprobación de presiones, inventariado, etc. La duración promedio de esta tarea es de 7,96 días y se lleva a cabo con 2 operarios de nivel 4. Se realiza en paralelo con los primeros desmontajes y las primeras inspecciones.

Número	13
Tipo	Tarea
Nombre	Recepción MN
Nave	Nave 1 en entrada
Recursos	2 operarios nivel 4
Antecesor	12 Puerta paralela 2
Sucesor	14 Desmontajes N1 MN
Tiempo promedio	7,96 días

Tabla 3: Ficha de la tarea 13 Recepción MN.

Fuente: Elaboración propia.

6.1.4 Primeros desmontajes

Este paquete de trabajo incluye las tareas de desmontaje de las piezas más accesibles y tapas de acceso a otros componentes. En definitiva, el objetivo es facilitar las primeras inspecciones. El avión durante esta fase no se mueve de su posición. La duración promedio de esta tarea es de 28,17 días y se lleva a cabo con 4 operarios de nivel 4. El paquete de trabajo siguiente es el de las primeras inspecciones.

Número	14
Tipo	Tarea
Nombre	Desmontajes N1 MN
Nave	Nave 1 en entrada
Recursos	4 operarios nivel 4
Antecesor	13 Recepción MN
Sucesor	16 Cierre paralela 2
Tiempo promedio	28,17 días

Tabla 4: Ficha de la tarea 14 Desmontajes N1 MN.

Fuente: Elaboración propia.

6.1.5 Primeras inspecciones

Los primeros desmontajes permiten que se puedan hacer inspecciones más exhaustivas en busca de corrosiones, fugas, daños en el fuselaje, elementos dañados, etcétera, que se realizan en esta fase. La duración promedio es de 4,67 días. Y se llevan a cabo por un operario de nivel 4. Tras terminar se procede a remolcar el avión hasta la nave 2.

Número	15
Tipo	Tarea
Nombre	Inspecciones N1 MN
Nave	Nave 1 en entrada
Recursos	1 operarios nivel 4
Antecesor	12 Puerta paralela 2
Sucesor	16 Cierre paralela 2
Tiempo promedio	4,67 días

Tabla 5: Ficha de la tarea 15 Inspecciones N1 MN.

Fuente: Elaboración propia.

Las siguientes actividades aparecen en el modelo de la figura 13 que describe el subproceso Tareas N2 y se realizan de manera simultánea en muchas ocasiones: mientras un operario desmonta una parte para actuar, otro realiza una inspección en otra parte del avión,... no se trata de una serie de actuaciones secuenciales.

6.1.6 Desmontajes

Los desmontajes que se llevan a cabo en la nave 2 son más complejos que los que se realizan en la nave 1. Comprenden la bajada de motores, desmontajes de flaps, estabilizadores horizontales y verticales, trenes de aterrizaje, etcétera. La duración promedio es de 13,71 días. Estas tareas de desmontajes en la nave 2 y las llevan a cabo 3 operarios de nivel 1.

Número	19
Tipo	Tarea
Nombre	Desmontajes N2
Nave	Nave 2
Recursos	3 operarios nivel 1
Antecesor	17 Puerta paralela 4
Sucesor	25 Cierre paralela 4
Tiempo promedio	13,71 días

Tabla 6: Ficha de la tarea 19 Desmontajes N2.

Fuente: Elaboración propia.

6.1.7 Inspecciones

Las inspecciones que se llevan a cabo en la nave 2 son más específicas y precisas que las que se realizan en la nave 1, además se realizan sobre los desmontajes descritos en el punto anterior. La mayoría consisten en inspecciones visuales detalladas salvo algunas inspecciones que conllevan algún tipo de medición. De estas actuaciones se recogen la mayoría de los defectos detectados. La duración promedio es de 48,71 días y se llevan a cabo con 5 operarios de nivel 1.

Número	20
Tipo	Tarea
Nombre	Inspecciones N2
Nave	Nave 2
Recursos	5 operarios nivel 1
Antecesor	17 Puerta paralela 4
Sucesor	25 Cierre paralela 4
Tiempo promedio	48,71 días

Tabla 7: Ficha de la tarea 20 Inspecciones N2.

Fuente: Elaboración propia.

6.1.8 Correcciones de defectos

La corrección de defectos es la fase más compleja de todo el proceso. Su objetivo es el de recuperar la aeronavegabilidad del avión. La duración de las tareas que aquí se abarcan en muchos casos no se puede estimar con exactitud, lo cual resulta en desviaciones considerables con respecto a la planificación. Algunas de las correcciones más comunes son el delaminamiento de fibras, corrosiones, impactos en las botas antihielo, desconchones en pintura, etc. La duración promedio de esta fase es de 113,34 días. Este valor es promedio de la multitud de registros manejados y, como se ha indicado, puede suponer una variabilidad grande. Las correcciones de defectos se llevan a cabo con 4 operarios de nivel 2.

Número	21
Tipo	Tarea
Nombre	Corrección defectos MN
Nave	Nave 2
Recursos	4 operarios nivel 2
Antecesor	17 Puerta paralela 4
Sucesor	25 Cierre paralela 4
Tiempo promedio	113,34 días

Tabla 8: Ficha de la tarea 21 Corrección defectos MN.

Fuente: Elaboración propia.

6.1.9 Montajes

Los montajes comprenden las tareas en las que se devuelven al avión los componentes que se desmontaron en las tareas de desmontaje. La duración de esta fase tiene una duración total promedio de 79,8 días de media y se llevan a cabo con 4 operarios de nivel 1.

Número	23
Tipo	Tarea
Nombre	Montajes MN
Nave	Nave 2
Recursos	4 operarios nivel 1
Antecesor	17 Puerta paralela 4
Sucesor	25 Cierre paralela 4
Tiempo promedio	79,8 días

Tabla 9: Ficha de la tarea 23 Montajes MN.

Fuente: Elaboración propia.

6.1.10 Pruebas funcionales

Las pruebas funcionales son operaciones cuyo objetivo es verificar que los sistemas funcionan correctamente tras haber hecho correcciones. Algunas de estas pruebas incluyen ajustes y calibración de sistemas como detectores de hielo, ventilación, aislamiento y presión en cabina y bodega, comprobaciones eléctricas, entre otras. La duración total promedio de esta fase es de 21,92 días. Las pruebas funcionales se efectúan con 3 operarios de nivel 3.

Número	22
Tipo	Tarea
Nombre	Pruebas funcionales MN
Nave	Nave 2
Recursos	3 operarios nivel 3
Antecesor	17 Puerta paralela 4
Sucesor	25 Cierre paralela 4
Tiempo promedio	21,92 días

Tabla 10: Ficha de la tarea 22 Pruebas funcionales MN.

Fuente: Elaboración propia.

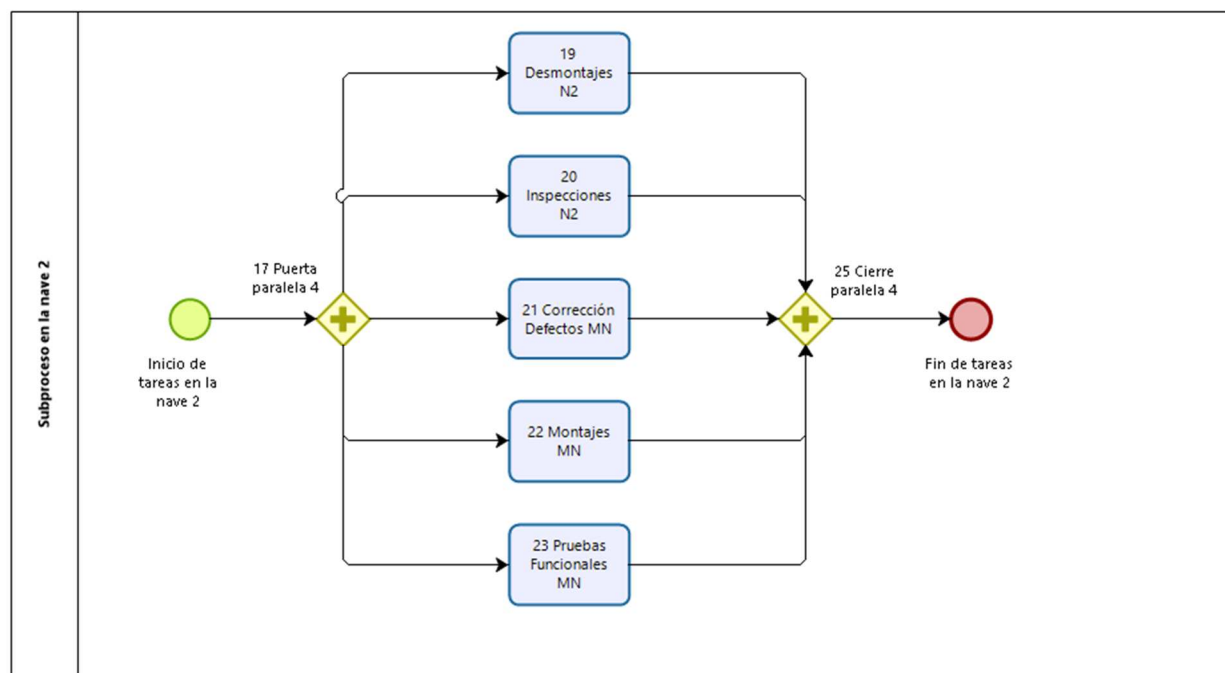


Figura 19: Diagrama del subproceso de las tareas en nave 2.

Fuente: Elaboración propia.

Con esto se han descrito las actuaciones comunes de mantenimiento y sigue separando si a continuación se trata como una actuación estándar o compleja.

Número	26
Tipo	Compuerta
Nombre	Puerta exclusiva 6
Antecesor	25 Cierre paralela 4
Sucesores	27 Pintura y 28 Entrega ES
Salida Complejo	30%
Salida Estándar	70%

Tabla 11: Ficha de la compuerta 26 Puerta exclusiva 3.

Fuente: Elaboración propia.

6.1.11 Pintura

La fase de pintura se realiza al terminar las tareas que se llevan a cabo en la nave 2. En ese momento se traslada el avión a la nave de pintura donde ocupará la posición durante 2 semanas. La tarea de pintura como se explicó anteriormente la realiza una empresa subcontratada, al ser un servicio externo y no tener control sobre sus operaciones esta fase tiene una duración fija de 14 días. Al terminar esta tarea se mueve el avión hasta una de las posiciones de la nave 1 de salida.

Número	27
Tipo	Tarea
Nombre	Pintura
Nave	Nave de Pintura
Recursos	-
Antecesor	26 Puerta exclusiva 3
Sucesor	30 Puerta paralela 7
Tiempo promedio	14 días

Tabla 12: Ficha de la tarea 27 Pintura.

Fuente: Elaboración propia.

6.1.12 Fases de entrega

La fase de entrega comprende las tareas de puesta a punto del avión para ser entregado, las visitas del cliente, pruebas en rodaje y vuelo.

Existe una diferencia importante que reflejan los datos obtenidos entre la revisión estándar y compleja. La duración de esta fase en la revisión estándar es de 4,04 días promedio. Por otra parte, en las revisiones complejas la duración es mayor por requerir más controles y ser aviones con más horas de vuelo. En este caso la duración total promedio es de 13,5 días. Esta fase de entrega se ejecuta con dos operarios de nivel 4.

Número	28
Tipo	Tarea
Nombre	Entrega ES
Nave	Nave 1 en salida
Recursos	2 operarios nivel 4
Antecesor	26 Puerta exclusiva 3
Sucesor	29 Salida mantenimiento estándar
Tiempo promedio	4,04 días

Tabla 13: Ficha de la tarea 28 Entrega ES.

Fuente: Elaboración propia.

Número	31
Tipo	Tarea
Nombre	Entrega CO
Nave	Nave 1 en salida
Recursos	2 operarios nivel 4
Antecesor	30 Puerta paralela 7
Sucesor	33 Cierre paralela 7
Tiempo promedio	13,5 días

Tabla 14: Ficha de la tarea 31 Entrega CO.

Fuente: Elaboración propia.

6.1.13 Corrección de defectos en la nave 1 para revisiones complejas

Cuando se está trabajando en un avión al que se le está dando servicio de revisión compleja, este suele ser un avión con muchos años y muchas horas de vuelo. Es por ello que durante la fase de entrega suelen aparecer nuevos defectos que no pueden ser detectados hasta que se pone en vuelo. Esto acarrea importantes cargas adicionales de trabajo que hace que tenga que ser tratado de forma diferente en la nave 1. Esta fase tiene una duración total promedio de 17 días y ocupa a 2 operarios de nivel 4.

Número	31
Tipo	Tarea
Nombre	Corrección defectos N1
Nave	Nave 1 en salida
Recursos	2 operarios nivel 4
Antecesor	30 Puerta paralela 7
Sucesor	33 Cierre paralela 7
Tiempo promedio	17 días

Tabla 15: Ficha de la tarea 31 Corrección defectos N1.

Fuente: Elaboración propia.

6.2 Actuaciones para la resolución de averías

La resolución de averías comprende aquellos servicios de duración corta destinados a resolver una o varias averías señaladas por el cliente. Al ser un servicio normalmente rápido, los clientes habituales suelen ser fuerzas armadas nacionales o de países próximos.

6.2.1 Limpieza

La fase de limpieza en los servicios de resolución de averías tienen las mismas características que en el mantenimiento programado de aeronaves.

6.2.2 Recepción

La fase de recepción en la resolución de averías se centra en los aspectos indicados por el cliente y tiene una duración total promedio de 13,54 días y ocupa a 2 operarios de nivel 4.

Número	04
Tipo	Tarea
Nombre	Recepción AV
Nave	Nave 1 en entrada
Recursos	2 operarios nivel 4
Antecesor	03 Puerta exclusiva 1
Sucesor	05 Desmontajes N1 AV
Tiempo promedio	13,54 días

Tabla 16: Ficha de la tarea 04 Recepción AV.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.3 Desmontajes

En el caso de la resolución de averías los desmontajes no suponen tanta carga de trabajo como en las revisiones porque los componentes que se desmontan están concentrados normalmente sobre la zona donde tiene la avería el avión. La duración total promedio de esta fase es de 2,38 días y se lleva a cabo con 4 operarios de nivel 4 .

Número	05
Tipo	Tarea
Nombre	Desmontajes N1 AV
Nave	Nave 1 en entrada
Recursos	4 operarios nivel 4
Antecesor	04 Recepción AV
Sucesor	06 Puerta paralela 3
Tiempo promedio	2,38 días

Tabla 17: Ficha de la tarea 05 Desmontajes N1 AV.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.4 Corrección de defectos

La fase de corrección de defectos en la resolución de averías está destinada a devolver el sistema averiado a un estado en el que pueda realizar la función requerida. La duración total promedio de esta fase es de 15,83 días. La fase de corrección de defectos en averías ocupa a 3 operarios de nivel 1.

Número	09
Tipo	Tarea
Nombre	Corrección defectos AV
Nave	Nave 1 en entrada
Recursos	3 operarios nivel 1
Antecesor	06 Puerta paralela 3
Sucesor	10 Cierre paralela 3
Tiempo promedio	15,83 días

Tabla 18: Ficha de la tarea 09 Corrección defectos AV.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.5 Montajes

La fase de montajes tiene como objetivo montar y ajustar tanto los componentes que se hayan desmontado como los que vayan a sustituir además de los consumibles que se hayan reabastecido. La duración total promedio es de 18,96 días y ocupa a 3 operarios de nivel 1.

Número	07
Tipo	Tarea
Nombre	Montajes AV
Nave	Nave 1 en entrada
Recursos	3 operarios nivel 1
Antecesor	06 Puerta paralela 3
Sucesor	10 Cierre paralela 3
Tiempo promedio	18,96 días

Tabla 19: Ficha de la tarea 07 Montajes AV.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.6 Pruebas funcionales

La fase de pruebas funcionales tiene como objetivo asegurar que los elementos reparados pueden realizar la función requerida bajo los estándares de calidad exigidos. También se realiza prueba en vuelo y una vez validada la resolución de la avería se da por concluido el servicio. La duración total promedio de esta fase es de 14,46 días y se lleva a cabo con 2 operarios de nivel 3.

Número	08
Tipo	Tarea
Nombre	Pruebas funcionales AV
Nave	Nave 1 en entrada
Recursos	2 operarios nivel 3
Antecesor	06 Puerta paralela 3
Sucesor	10 Cierre paralela 3
Tiempo promedio	14,46 días

Tabla 20: Ficha de la tarea 08 Pruebas funcionales AV.

Fuente: Elaboración propia.

Como resumen de esta descripción de los procesos, en la tabla siguiente se muestran las circunstancias que afectan a cada uno:

Nombre	Tipo	Duración media (días)	Operarios				Naves				
			Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nave Limpieza	Nave 1 Entrada	Nave 1 Salida	Nave 2	Nave Pintura
01 Llegada aviones	Start event	-									
02 Limpieza	Task	3,00				2	X				
03 Puerta exclusiva 1	Gateway	-									
04 Recepcion AV	Task	13,54				4		X			
05 Desmontajes N1 AV	Task	2,38						X			
06 Puerta paralela 3	Gateway	-									
07 Montajes AV	Task	15,83	3					X			
08 Pruebas Funcionales AV	Task	14,46			2			X			
09 Corrección Defectos AV	Task	15,83		3		1		X			
10 Cierre paralela 3	Gateway	-									
11 Salida avería	End event	-									
12 Puerta paralela 2	Gateway	-									
13 Recepcion MN	Task	7,96				2		X			
14 Desmontajes N1 MN	Task	28,17				4		X			
15 Inspecciones N1 MN	Task	4,67				1		X			
16 Cierre paralela 2	Gateway	-									
17 Puerta paralela 4	Gateway	-									
18 Puerta paralela 5	Gateway	-									
19 Desmontajes N2	Task	13,71	3							X	
20 Inspecciones N2	Task	48,71	5							X	
21 Correccion Defectos MN	Task	113,34		4						X	
22 Pruebas Funcionales MN	Task	21,92								X	
23 Montajes MN	Task	79,80	4							X	
24 Cierre paralela 5	Gateway	-									
25 Cierre paralela 4	Gateway	-									
26 Puerta exclusiva 6	Gateway	-									
27 Pintura	Task	14,00									X
28 Entrega ES	Task	4,04				2			X		
29 Salida mantenimiento estándar	End event	-									
30 Puerta paralela 7	Gateway	-									
31 Entrega CO	Task	13,50				2			X		
32 Corrección Defectos N1	Task	17,00				2			X		
33 Cierre paralela 7	Gateway	-									
34 Salida mantenimiento complejo	End event	-									
Recursos Disponibles			25	12	5	12	1	3	3	6	1

Tabla 21: Duración y recursos utilizados por cada fase.

Fuente: Elaboración propia.

6.3 Modelo

Las tareas anteriores se articulan en el modelo que se ha realizado en Bizagi que se muestra de manera resumida a continuación y que se usará para la obtención de conclusiones y mejoras:

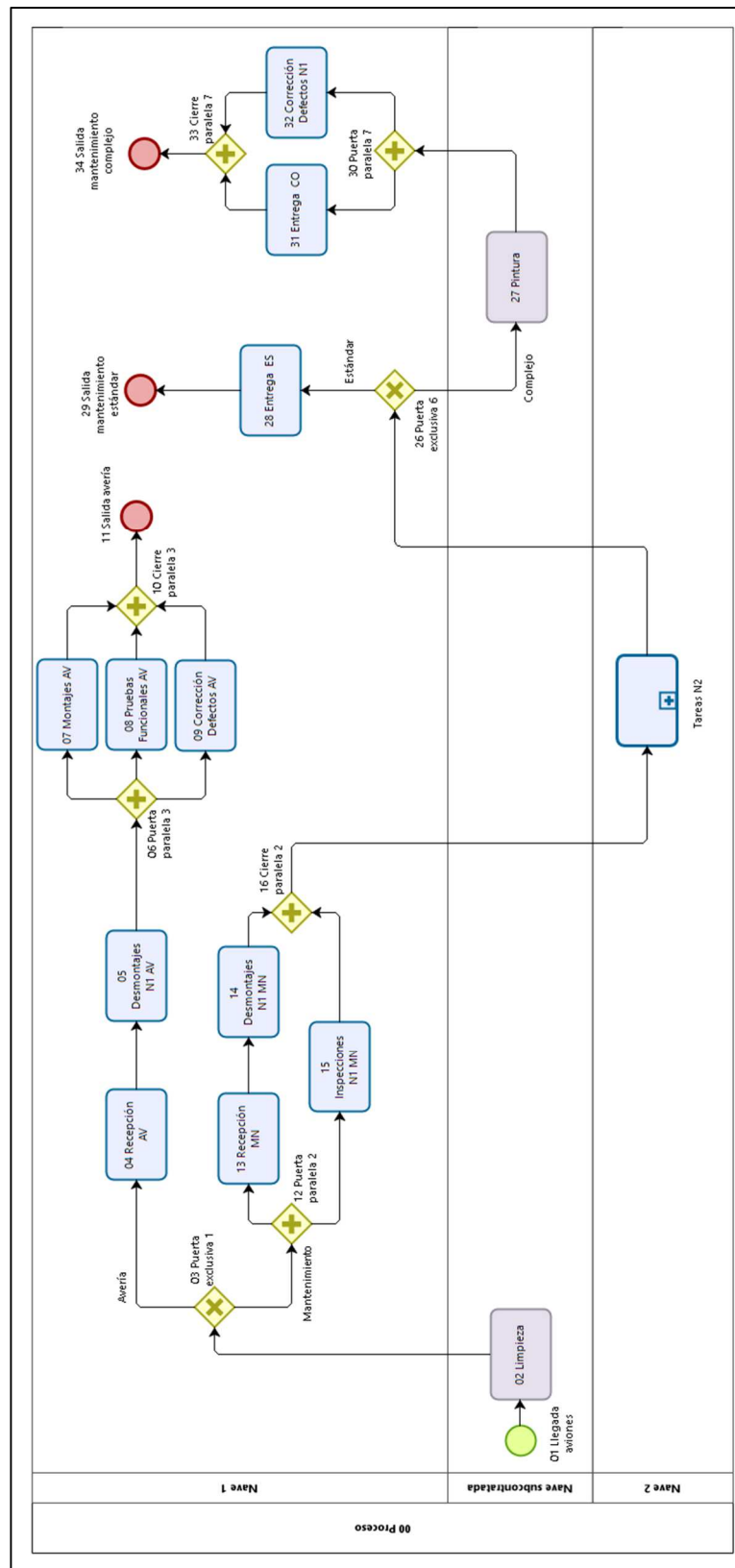


Figura 20: Diagrama del proceso principal.

Fuente: Elaboración propia.

7 SIMULACIÓN Y RESULTADOS

La simulación del modelo se ha realizado en un horizonte temporal de dos años (730 días) con la idea de que se muestren unos resultados similares a los que encontramos en la realidad, porque los aviones están varios meses dentro del proceso como se ha comentado anteriormente. Esto permitirá que desde una situación de partida sin aviones dé tiempo a la simulación a saturar el modelo y provocar la aparición de los problemas que la dirección encuentra en la realidad. Una vez se consiga lo anterior se puede validar el modelo y proceder a su análisis.

7.1 Resultados de la situación de partida

El resultado que ofrece Bizagi para la simulación del modelo en la situación de partida es:

Nombre	Tipo	Instancias completadas	Instancias iniciadas	Tiempo mínimo (d)	Tiempo máximo (d)	Tiempo promedio (d)	Tiempo máximo esperando recursos (d)	Tiempo promedio esperando recursos (d)
00 Proceso	Proceso	19	36	54	360	213		
01 Llegada aviones	Evento de inicio	36						
02 Limpieza	Tarea	36	36	3	3	3	0	0
03 Puerta exclusiva 1	Compuerta	36	36					
04 Recepcion AV	Tarea	4	4	14	14	14	0	0
05 Desmontajes N1 AV	Tarea	4	4	2	2	2	0	0
06 Puerta paralela 3	Compuerta	4	4					
07 Montajes AV	Tarea	4	4	35	74	44	55	26
08 Pruebas Funcionales AV	Tarea	4	4	14	14	14	0	0
09 Corrección Defectos AV	Tarea	4	4	16	55	26	39	10
10 Cierre paralela 3	Compuerta	4	4					
11 Salida avería	Evento de Fin	4						
12 Puerta paralela 2	Compuerta	32	32					
13 Recepcion MN	Tarea	32	32	8	8	8	0	0
14 Desmontajes N1 MN	Tarea	31	32	28	29	28	1	0
15 Inspecciones N1 MN	Tarea	32	32	5	5	5	0	0
16 Cierre paralela 2	Compuerta	31	32					
17 Puerta paralela 4	Compuerta	31	31					
19 Desmontajes N2	Tarea	30	30	14	72	21	58	7
20 Inspecciones N2	Tarea	26	27	49	145	78	97	31
21 Correccion Defectos MN	Tarea	16	19	113	320	207	260	115
22 Pruebas Funcionales MN	Tarea	29	30	22	39	27	17	6
23 Montajes MN	Tarea	23	28	80	139	109	92	36
25 Cierre paralela 4	Compuerta	16	30					
26 Puerta exclusiva 6	Compuerta	16	16					
27 Pintura	Tarea	5	6	17	17	17	0	0
28 Entrega ES	Tarea	10	10	4	6	4	2	0
29 Salida mantenimiento estándar	Evento de Fin	10						
30 Puerta paralela 7	Compuerta	5	5					
31 Entrega CO	Tarea	5	5	14	14	14	0	0
32 Corrección Defectos N1	Tarea	5	5	17	17	17	0	0
33 Cierre paralela 7	Compuerta	5	5					
34 Salida mantenimiento complejo	Evento de Fin	5						

Tabla 22: Resultados de la simulación del modelo en la situación de partida.

Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados se resumen en que:

La tasa de salida de 19 aviones durante el periodo simulado se encuentra en niveles parecidos al sistema real.

En concreto nos encontramos con que se completan 4 servicios de averías con un plazo medio de entrega de 63 días. Se completan 10 revisiones de mantenimiento que hemos definido como estándares con un plazo medio de entrega de 255 días. Por último, se completan 5 revisiones de mantenimiento que se han definido como complejas con un plazo medio de entrega de 268 días. Estas cifras de plazo medio de entrega en cada servicio se calculan a partir de seguir el conjunto de actividades de cada servicio y sumar la duración promedio de cada una de ellas, siendo por ejemplo en la resolución de averías: $3 + 14 + 2 + 44 = 63$ días.

Por otra parte, la secuenciación de actividades y duración de cada una nos lleva a que la corrección de defectos que se lleva a cabo en la nave 2 es la de mayor duración entre las revisiones de mantenimiento, lo que hace que al avión que se le realice servicio de revisión esté en la nave 2 de media 207 días.

El plazo medio de entrega es de 213 días en el modelo, que es una cifra coherente con el hecho de que la mayoría de aviones llegan para servicios de revisiones periódicas.

Recurso	Ocupación
Operarios nivel 1	89.68 %
Operarios nivel 2	91.90 %
Operarios nivel 3	57.16 %
Operarios nivel 4	54.33 %
Posiciones nave limpieza	14.79 %
Posiciones nave 1 entrada	57.92 %
Posiciones nave 2	45.95 %
Posiciones nave pintura	13.36 %
Posiciones nave 1 salida	4.93 %
Posiciones globales	35.17 %

Tabla 23: Ocupación de recursos de la simulación del modelo en la situación inicial.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los recursos, nos encontramos con que los operarios de nivel 1 y 2 tienen una ocupación bastante alta que concuerda con la alta carga de trabajo que se lleva a cabo en la nave 2, también sumado a que esta clase de operarios también llevan a cabo algunas tareas en la nave 1.

Los operarios de nivel 3 y 4 tienen una ocupación inferior también en consonancia con la carga de trabajo de las tareas asociadas a ellos.

Por otra parte las posiciones de la nave 1 en entrada tiene una utilización del 57,92%, lo cual es coherente puesto que son posiciones por las que pasan todos los aviones independientemente del servicio que se le realice.

Estos valores han recibido el visto bueno por parte de la dirección del taller, aparte de mi experiencia allí, sobre la realidad que muestran y que corresponde con el día a día. Por lo que podemos considerar el modelo validado.

7.2 Problemas observados

A partir de la simulación del modelo de la situación actual se han podido identificar los siguientes problemas:

- La tarea cuello de botella es la de corrección de defectos, con un plazo medio de entrega de 213 días. El consumo de recursos de esta tarea es muy alta en comparación con las otras que se llevan a cabo en la nave 2. Lo cual resulta en subsiguientes problemas de utilización de recursos.
- Se observa que los operarios de nivel 1 y 2 están saturadas con una ocupación de prácticamente del 90% de su tiempo disponible.
- Sin embargo, las clases de operarios 3 y 4 reflejan números bajos de utilización (<60%).
- La ocupación de posiciones en las naves en nuestro proceso es en general bajo, teniendo una utilización promedio del 35,17%. Lo que sugiere que el número total de posiciones disponibles es más elevado de lo que sería necesario.

7.3 Definición de KPIs (Key Performance Indicators)

Con objetivo de analizar la mejoría de las propuestas respecto a la situación de partida, se han definido una serie de indicadores:

- Aviones entregados. Medido en número de aviones, es el número de aeronaves que es capaz de procesar el modelo de forma completa. Es decir, aviones que el centro de reparación de aeronaves repara satisfactoriamente.
- Plazo medio de entrega. Medido en días, es el tiempo promedio que se tarda en reparar un avión satisfactoriamente desde que es recibido hasta que se entrega al cliente.
- Personas con ocupación superior al 85%. Medido en número de personas, es el número de trabajadores que tienen una ocupación mayor que un 85% de su tiempo disponible. La explicación de esta medida es que parte del tiempo de los trabajadores debe estar reservado para formación, imprevistos, reuniones...
- Personas con ocupación inferior al 60%. Medido en número de personas, es el número de trabajadores que tienen una ocupación menor que un 60% de su tiempo disponible. Esta es una indicación de que podremos asignarlos a otras tareas o prescindir de algunos de ellos.
- Posiciones en naves con ocupación superior al 75%. Medido en número de posiciones, es el número de espacios en taller que tienen una utilización alta. La utilidad de esta medida es que para la empresa es importante tener un margen de maniobra para realizar mantenimiento de instalaciones y movimientos dentro de la planta. La nave de limpieza y pintura no se considera por no estar bajo nuestro control.
- Posiciones en naves con ocupación inferior al 50%. Medido en número de posiciones, es el número de espacios en taller que tienen una utilización menor que un 50%. La nave de limpieza y pintura no se considera por no estar bajo nuestro control.

Definidos estos indicadores, los valores que presentan en la situación de partida son los reflejados en la tabla siguiente.

KPI's		
Aviones entregados	19	aviones
Plazo medio de entrega	213	días
Personas con ocupación superior al 85%	37	personas
Personas con ocupación inferior al 60%	17	personas
Posiciones en naves con ocupación superior al 75%	0	posiciones
Posiciones en naves con ocupación inferior al 50%	9	posiciones

Tabla 24: Valores de los indicadores en la situación inicial.

Fuente: Elaboración propia.

Analizando los valores de los KPIs de la situación de partida podemos concluir en que hay mucho margen de mejora en los indicadores relativos a la ocupación personas. En cuanto a la tasa de aviones entregados se tratará de aumentar lo cual está estrechamente ligado a la tasa media de entrega, cuyo objetivo es disminuirla.

8 ANÁLISIS DE PROPUESTAS

Se ha realizado una búsqueda de propuestas de mejora a partir del impacto esperado sobre el proceso. Se ha revisado literatura con varios enfoques de mejora de procesos de negocio y voy a utilizar aquellas propuestas que actúen en la dirección más interesante.

(Brand & van der Kolk, 1995) proponen un conjunto de heurísticas de mejora que posteriormente valoran en términos de la aportación sobre cuatro magnitudes concretas: tiempo, coste, calidad y flexibilidad de acuerdo a la experiencia de los autores. Nombran el enfoque como Cuadrilátero del Diablo.

Idealmente, al rediseñar un proceso de negocio, se aspira a reducir el tiempo en llevarlo a cabo, se tratará de disminuir el coste de ejecución, mejorar la calidad del servicio e incrementar la capacidad del negocio para asumir variaciones en el proceso. Esto sin embargo no siempre es posible puesto que un incremento en cualquiera de los factores suele afectar negativamente a al menos uno de los otros factores.

Los autores describen una serie de heurísticas de cambio y las relacionan con las 4 dimensiones de desempeño anteriores. Los grupos de heurísticas son:

- Heurísticas relacionadas con el cliente, que se concentran en la mejora de la interacción con los clientes. Dentro de este grupo se encuentran: la recolocación de controles, la reducción de controles y la integración.
- Heurísticas relacionadas con las operaciones, que se enfocan en la mejora de los elementos del proceso de negocio. Dentro de este grupo están: ordenar por tipo, eliminar actividades innecesarias, eliminar trabajo por lotes, triaje y combinar actividades.
- Heurísticas relacionadas con el comportamiento del proceso. Este grupo se enfoca en la lógica del negocio. Las cuatro heurísticas que se recogen son: reordenar actividades, simultanear actividades, eliminar unidades a procesar y aislar casos extraños.
- El cuarto grupo de heurísticas engloba las relacionadas con la estructura de la organización. Está compuesto por las siguientes: asignar tareas simples, asignación flexible, centralizar recursos, dividir responsabilidades, equipos de clientes, minimizar las personas implicadas y señalar a un responsable.
- Heurísticas relacionadas con la población y recursos. Las heurísticas integrantes de este grupo son: considerar recursos extra, disponer de personal especialista y dar responsabilidad a personas.

En nuestro caso se han comparado estas heurísticas de mejora con el impacto que es previsible obtener sobre los KPIs definidos en el capítulo anterior. Esto me vale para seleccionar aquellas opciones que previsiblemente mejorarán el proceso. Estas heurísticas resultan posteriormente en propuestas de mejora que se traducen en modificaciones específicas sobre el modelo inicial.

Las heurísticas que se han seleccionado para el proceso siguiendo la relación entre el impacto sobre los factores del Cuadrilátero del Diablo y la aplicabilidad sobre nuestros indicadores son:

- Centralizar recursos. Esta heurística está explícitamente orientada a explotar los beneficios de un BPMS (Business Process Management System). Cuando el BPMS asigna trabajos a los recursos la localización geográfica de los recursos resulta menos relevante. La ventaja específica de esta medida es que los recursos se manejan de forma más flexible, lo que lleva a una mayor ocupación y posiblemente mejores plazos de entrega. Como contrapartida, el esfuerzo en la implantación de un BPMS y la consecuente formación de la plantilla puede ser sustancial.
- Reorganizar recursos. Aplicando la heurística se tratará de disponer de más personal generalista. La disponibilidad de una plantilla más generalista añade más flexibilidad al negocio y

puede derivar en una mejor ocupación de los recursos. Esta difiere del concepto de triaje ya que aquí el enfoque no está en la división de actividades.

- **Asignación flexible.** La ventaja de esta heurística es que la organización se mantiene flexible en la asignación de trabajos y el tiempo en espera de recursos se reduce ya que es menos probable que la ejecución de una tarea tenga que esperar por a un recurso específico. La desventaja de aplicar esta heurística podría venir de que la carga de trabajo no esté equilibrada y esto resulte en menor satisfacción del trabajador.
- **Considerar recursos extra.** Es una heurística simple que trata de aumentar la capacidad, lo cual se espera que reduzca tiempos de espera en cola. Puede también ayudar a implementar un sistema de asignación más flexible. Como consecuencia, contratar o comprar mayor capacidad conlleva un mayor coste.
- **Reordenar actividades.** El ordenamiento de tareas a veces no viene marcado por una dependencia entre las actividades. En ciertos casos es mejor posponer una actividad si no es requerida por alguna de sus actividades posteriores. La ventaja de aplicar esta heurística podría venir en términos de mejora de la calidad del servicio, disminución de tiempos de set-up y evitar actividades cuello de botella.

Existen otras heurísticas cuyas hipotéticas implementaciones podrían resultar en mejoras sobre los indicadores definidos. La razón de no someterlas a análisis radica en la imposibilidad de llevarlas a cabo bien por las importantes restricciones que implican las estrictas normas de la industria aeronáutica o, en menor medida, el enfoque de este trabajo sobre las tareas a nivel de taller. Estas heurísticas son las siguientes:

- **Reducción de controles.** Tiene como objetivo reducir aquellas actividades con un consumo de tiempo adicional por intercambio de información para realizar un control. Esto choca frontalmente con las normas de seguridad de la industria aeronáutica que exige una recopilación exhaustiva de las actividades y estado de sistemas de los aviones que impide su implantación.
- **Integración con los clientes.** Considera una mayor integración con clientes y proveedores en el proceso. No es posible aplicar esta heurística en nuestro modelo, pero podría ser objeto de estudio en posibles ampliaciones del trabajo.
- **Ordenar por tipo de operaciones.** Sugiere actuar sobre actividades que no sean exclusivas o específicas del negocio. La ventaja que promueve es la de acortar tiempos de proceso y costes. Una vez más, nuestro centro tiene obligación de cumplir normas específicas y no aplica a un posible rediseño en estos términos.
- **Aislar casos extraños.** Esta heurística actúa sobre los casos excepcionales que afectan al funcionamiento normal del proceso. La ventaja radica en que al aislar ciertos casos y derivarlos a un rol específico se evitan retrasos. Una desventaja derivada de su aplicación es la posibilidad de reducir la flexibilidad del proceso.
- **Minimizar las personas implicadas.** Sugiere que, al reducir el número de agentes involucrados en un proceso, se reduce el tiempo que implica la coordinación de equipos. Esta heurística no es aplicable a nuestro modelo porque en las pocas tareas que actúan más de una persona se hace por atender a normas específicas de seguridad y calidad.
- **Dar responsabilidad a las personas.** Trata de aumentar la responsabilidad de niveles operativos para la toma de decisiones. La ventaja que supondría es la de reducir retrasos en la espera de respuestas y decisiones de mandos superiores. Bajo el enfoque de este trabajo no se puede implestar esta heurística, sin embargo podría ser estudiada en posibles ampliaciones del trabajo.

Heurísticas		Impacto sobre los factores del Cuadrilátero del diablo.				Aplicabilidad sobre KPIs					
		Tiempo	Coste	Calidad	Flexibilidad	Aviones entregados	Plazo medio de entrega	Personas con ocupación superior al 85%	Personas con ocupación inferior al 60%	Posiciones en naves con ocupación superior al 75%	Posiciones en naves con ocupación inferior al 50%
Relacionadas con los clientes	Recolocación de controles	Neutral	Negativo	Positivo	Neutral	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	Reducción de controles	Positivo	Negativo	Positivo	Neutral	Sí	Sí	NO	NO	Sí	Sí
	Integración	Positivo	Positivo	Neutral	Negativo	Sí	Sí	NO	NO	Sí	Sí
	Ordenar por tipo	Positivo	Positivo	Negativo	Negativo	Sí	Sí	NO	NO	Sí	Sí
Relacionadas con las operaciones	Eliminar actividades innecesarias	Positivo	Positivo	Negativo	Neutral	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	Eliminar trabajo por lotes	Positivo	Negativo	Neutral	Neutral	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	Triaje	Neutral	Negativo	Positivo	Negativo	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	Combinar actividades	Positivo	Positivo	Neutral	Negativo	Sí	Sí	NO	NO	Sí	Sí
Comportamiento del proceso de negocio	Reordenar actividades	Positivo	Positivo	Neutral	Neutral	Sí	Sí	NO	NO	Sí	Sí
	Simultanear	Positivo	Negativo	Neutral	Negativo	Sí	Sí	NO	NO	Sí	Sí
	Eliminar unidades a procesar	Negativo	Positivo	Neutral	Neutral	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	Aislar casos extraños	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Sí	Sí	NO	NO	Sí	Sí
Sobre la estructura organizacional	Asignar tareas simples	Neutral	Neutral	Positivo	Negativo	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	Asignación flexible	Positivo	Negativo	Neutral	Positivo	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
	Centralizar recursos	Positivo	Negativo	Neutral	Positivo	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
	Dividir responsabilidades	Neutral	Neutral	Positivo	Negativo	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Población y recursos	Equipos de clientes	Neutral	Neutral	Positivo	Negativo	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	Minimizar las personas implicadas	Positivo	Negativo	Neutral	Negativo	Sí	Sí	NO	NO	Sí	Sí
	Señalar a un responsable	Neutral	Negativo	Positivo	Neutral	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	Considerar recursos extra	Positivo	Negativo	Neutral	Positivo	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
	Disponer personal especialista	Positivo	Neutral	Positivo	Negativo	Sí	Sí	NO	NO	Sí	Sí
	Dar responsabilidad a personas	Positivo	Neutral	Negativo	Positivo	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia.

Fuente: (Brand & van der Kolk, 1995)

Tabla 25: Cuadrilátero del Diablo aplicado a los indicadores (KPI) definidos en el proceso.

Fuente: Elaboración propia.

8.1 Propuesta 1: Centralizar recursos

La primera mejora que se va a ensayar se basa en la heurística de centralizar recursos. La principal ventaja de esta medida es que los recursos pueden ser asignados con mayor flexibilidad, lo que lleva a una mejor utilización y posiblemente una mejor tasa de salida. Analizando los resultados del modelo inicial, se observa que los operarios de nivel 1 y 2 tienen una ocupación muy alta. La primera idea es tratar de formarlos para actuar en cualquiera de las tareas que ahora hacen por separado de forma que los podamos tratar como un solo conjunto de trabajadores.

Por lo tanto, la centralización de recursos se debe aplicar en aquellas operaciones que se llevan a cabo por ellos. Esta centralización de recursos se va a concretar en el hecho de unificar las categorías de operarios de nivel 1 y 2 (25 y 12 operarios respectivamente), pasando a ser simplemente operarios de nivel 2 (37 operarios) con la formación y el tiempo de adaptación necesarios.

El resultado de la simulación en estas condiciones es:

Nombre	Tipo	Instancias completadas	Instancias iniciadas	Tiempo mínimo (d)	Tiempo máximo (d)	Tiempo promedio (d)	Tiempo máximo esperando recursos (d)	Tiempo promedio esperando recursos (d)
00 Proceso	Proceso	24	36	54	279	192		
01 Llegada aviones	Evento de inicio	36						
02 Limpieza	Tarea	36	36	3	3	3	0	0
03 Puerta exclusiva 1	Compuerta	36	36					
04 Recepcion AV	Tarea	4	4	14	14	14	0	0
05 Desmontajes N1 AV	Tarea	4	4	2	2	2	0	0
06 Puerta paralela 3	Compuerta	4	4					
07 Montajes AV	Tarea	4	4	35	71	58	52	39
08 Pruebas Funcionales AV	Tarea	4	4	14	14	14	0	0
09 Corrección Defectos AV	Tarea	4	4	16	52	39	36	23
10 Cierre paralela 3	Compuerta	4	4					
11 Salida avería	Evento de Fin	4						
12 Puerta paralela 2	Compuerta	32	32					
13 Recepcion MN	Tarea	32	32	8	8	8	0	0
14 Desmontajes N1 MN	Tarea	31	32	28	29	28	1	0
15 Inspecciones N1 MN	Tarea	32	32	5	9	5	4	0
16 Cierre paralela 2	Compuerta	31	32					
17 Puerta paralela 4	Compuerta	31	31					
19 Desmontajes N2	Tarea	30	30	14	86	45	73	32
20 Inspecciones N2	Tarea	23	24	49	183	115	142	70
21 Corrección Defectos MN	Tarea	20	25	113	219	159	156	63
22 Pruebas Funcionales MN	Tarea	29	30	22	39	27	17	6
23 Montajes MN	Tarea	21	24	80	217	141	159	73
25 Cierre paralela 4	Compuerta	20	30					
26 Puerta exclusiva 6	Compuerta	20	20					
27 Pintura	Tarea	8	8	17	17	17	0	0
28 Entrega ES	Tarea	12	12	4	6	4	2	0
29 Salida mantenimiento estándar	Evento de Fin	12						
30 Puerta paralela 7	Compuerta	8	8					
31 Entrega CO	Tarea	8	8	14	14	14	0	0
32 Corrección Defectos N1	Tarea	8	8	17	17	17	0	0
33 Cierre paralela 7	Compuerta	8	8					
34 Salida mantenimiento complejo	Evento de Fin	8						

Tabla 26: Resultados de la simulación al aplicar la propuesta 1.

Fuente: Elaboración propia.

Vemos una mejora en el número de aviones entregados que pasan por revisiones de mantenimiento, siendo el incremento de 2 aviones en las revisiones estándar y 3 en las revisiones complejas. Que se mejore más en las revisiones complejas se debe a que los recursos en la fase final de la revisión compleja no producen esperas y tienen más margen para aceptar más trabajo. Esto se ve reflejado en un aumento de la ocupación de operarios de nivel 4 y en las posiciones de la nave 1 a la salida.

Recurso	Ocupación
Operarios nivel 2	91,41 %
Operarios nivel 3	57,16 %
Operarios nivel 4	56,61 %
Posiciones nave limpieza	14,79 %
Posiciones nave 1 entrada	57,92 %
Posiciones nave 2	57,96 %
Posiciones nave pintura	19,00 %
Posiciones nave 1 salida	7,15 %
Posiciones globales	41,19 %

Tabla 27: Ocupación de recursos al aplicar la propuesta 1.

Fuente: Elaboración propia.

La simulación sobre este nuevo modelo arroja los siguientes resultados para los indicadores:

KPI's	Inicial	Propuesta 1	
Aviones entregados	19	24	aviones
Plazo medio de entrega	213	192	días
Personas con ocupación superior al 85%	37	37	personas
Personas con ocupación inferior al 60%	17	17	personas
Posiciones en naves con ocupación superior al 75%	0	0	posiciones
Posiciones en naves con ocupación inferior al 50%	9	3	posiciones

Tabla 28: Valores de los indicadores al aplicar la propuesta 1.

Fuente: Elaboración propia.

Comparando los resultados de la primera propuesta con los de la situación de partida se aprecia una mejora sustancial en el plazo medio de entrega, siendo este de 192 días (21 días menos que en la situación de partida). Consecuentemente, al estar estrechamente ligado el plazo medio de entrega con la tasa de salida de aviones, el número de aviones entregados aumenta hasta las 24 aeronaves frente a las 19 aeronaves de la situación de partida.

Además, ahora se consigue disminuir el número de posiciones con ocupación inferior al 50% a 3 (antes 9).

Hay que puntualizar que Bizagi da prioridad a aumentar el flujo de tokens, en nuestro caso aviones. Esto provoca que sature los recursos al máximo posible. Como uno de los indicadores y objetivos de la empresa es limitar la ocupación de las personas al 85% de su tiempo, vamos a simular otra vez limitando que ningún grupo de personas sobrepase esos niveles. Esto se aplica haciendo una regla de tres directa sobre el número de personas que trabajan con una ocupación superior, resultando en un número de personas equivalente con una ocupación del 85%. En el caso de ver mejora sobre los indicadores a pesar de la limitación se podría confirmar que la propuesta es beneficiosa.

En nuestro caso: 37 personas al 85% vendría a ser equivalente a un número inferior al valor más alto posible que va a asignar Bizagi. Probando con un valor ficticio de 35 operarios de nivel 2 obtenemos los resultados de la tabla siguiente que, desde el punto de vista del uso de recursos los ocupa al 90,63%.

35 operarios al 90,63% equivale a 37 operarios al 85%. Ésta es la siguiente propuesta.

Los resultados de la propuesta 1 al incluir este límite son:

Nombre	Tipo	Instancias completadas	Instancias iniciadas	Tiempo mínimo (d)	Tiempo máximo (d)	Tiempo promedio (d)	Tiempo máximo esperando recursos (d)	Tiempo promedio esperando recursos (d)
00 Proceso	Proceso	21	36	63	323	214		
01 Llegada aviones	Evento de inicio	36						
02 Limpieza	Tarea	36	36	3	3	3	0	0
03 Puerta exclusiva 1	Compuerta	36	36					
04 Recepcion AV	Tarea	4	4	14	14	14	0	0
05 Desmontajes N1 AV	Tarea	4	4	2	2	2	0	0
06 Puerta paralela 3	Compuerta	4	4					
07 Montajes AV	Tarea	3	3	44	105	67	86	48
08 Pruebas Funcionales AV	Tarea	4	4	14	14	14	0	0
09 Corrección Defectos AV	Tarea	3	3	36	92	56	76	40
10 Cierre paralela 3	Compuerta	3	4					
11 Salida averia	Evento de Fin	3						
12 Puerta paralela 2	Compuerta	32	32					
13 Recepcion MN	Tarea	32	32	8	8	8	0	0
14 Desmontajes N1 MN	Tarea	31	32	28	28	28	0	0
15 Inspecciones N1 MN	Tarea	32	32	5	5	5	0	0
16 Cierre paralela 2	Compuerta	31	32					
17 Puerta paralela 4	Compuerta	31	31					
19 Desmontajes N2	Tarea	22	23	14	183	77	181	68
20 Inspecciones N2	Tarea	21	22	49	212	123	173	79
21 Correccion Defectos MN	Tarea	19	22	113	261	185	183	85
22 Pruebas Funcionales MN	Tarea	29	30	22	39	27	17	6
23 Montajes MN	Tarea	19	22	80	233	160	192	94
25 Cierre paralela 4	Compuerta	19	29					
26 Puerta exclusiva 6	Compuerta	19	19					
27 Pintura	Tarea	7	8	17	17	17	0	0
28 Entrega ES	Tarea	11	11	4	9	4	5	0
29 Salida mantenimiento estándar	Evento de Fin	11						
30 Puerta paralela 7	Compuerta	7	7					
31 Entrega CO	Tarea	7	7	14	14	14	0	0
32 Corrección Defectos N1	Tarea	7	7	17	17	17	0	0
33 Cierre paralela 7	Compuerta	7	7					
34 Salida mantenimiento complejo	Evento de Fin	7						

Tabla 29: Resultados de la simulación al aplicar la propuesta 1 con límite.

Fuente: Elaboración propia.

Que sigue mostrando una mejora en el número de aviones entregados con respecto a la situación de partida, alcanzando en este caso los 21 aviones. La mejora viene, como anteriormente se vió, de aumentar la flexibilidad en las tareas que se llevan a cabo en la nave 2 para los dos tipos de revisiones en los que se entregan 11 aviones de revisiones estándar y 7 aviones de revisiones complejas. El plazo medio de entrega también experimenta un empeoramiento pequeño, que ahora es de 214 días. Esto se debe a que al aumentar el número de revisiones realizadas, y estas tienen una mayor duración, también lo hace el plazo medio de entrega.

Recurso	Ocupación
Operarios nivel 2	85,00 %
Operarios nivel 3	57,16 %
Operarios nivel 4	55,82 %
Posiciones nave limpieza	14,79 %
Posiciones nave 1 entrada	57,92 %
Posiciones nave 2	53,15 %
Posiciones nave pintura	18,03 %
Posiciones nave 1 salida	6,35 %
Posiciones global	38,89 %

Tabla 30: Ocupación de recursos al aplicar la propuesta 1 con límite.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto los recursos ahora vemos que al limitar la utilización de los operarios de nivel 2 al 85%, los recursos que están directamente relacionados con ellos bajan en utilización.

Los indicadores siguen mostrando mejoras en el modelo por lo que podemos concluir que una futura puesta en práctica de este cambio será beneficiosa para nuestro proceso.

KPI's	Inicial	Propuesta 1	
Aviones entregados	19	21	aviones
Plazo medio de entrega	213	214	días
Personas con ocupación superior al 85%	37	0	personas
Personas con ocupación inferior al 60%	17	17	personas
Posiciones en naves con ocupación superior al 75%	0	0	posiciones
Posiciones en naves con ocupación inferior al 50%	9	3	posiciones

Tabla 31: Valores de los indicadores al aplicar la propuesta 1 con límite.

Fuente: Elaboración propia.

Vemos que el número de aviones sube al igual que el plazo medio de entrega. Esto se debe a que la subida del número de aviones viene por el lado de las revisiones de mantenimiento que son más largas, haciendo que en promedio también haya un incremento del plazo medio de entrega.

Podemos representar de forma gráfica la variación de los valores en los indicadores al implementar la propuesta 1. La visualización que se ha decidido utilizar para facilitar interpretación de los resultados es la conocida como “gráfico polar” o “grafico de telaraña”. El gráfico polar una forma eficiente de comparar diversas variables cuantitativas, haciéndolos especialmente útiles para mostrar rendimientos. En nuestro caso cada eje representa el porcentaje de mejora (o empeoramiento) de cada indicador sobre la situación inicial, representada con línea continua azul, por lo que una mejora sobre la situación de partida se representará como un valor más alto sobre el eje y dibujará un polígono de área superior.

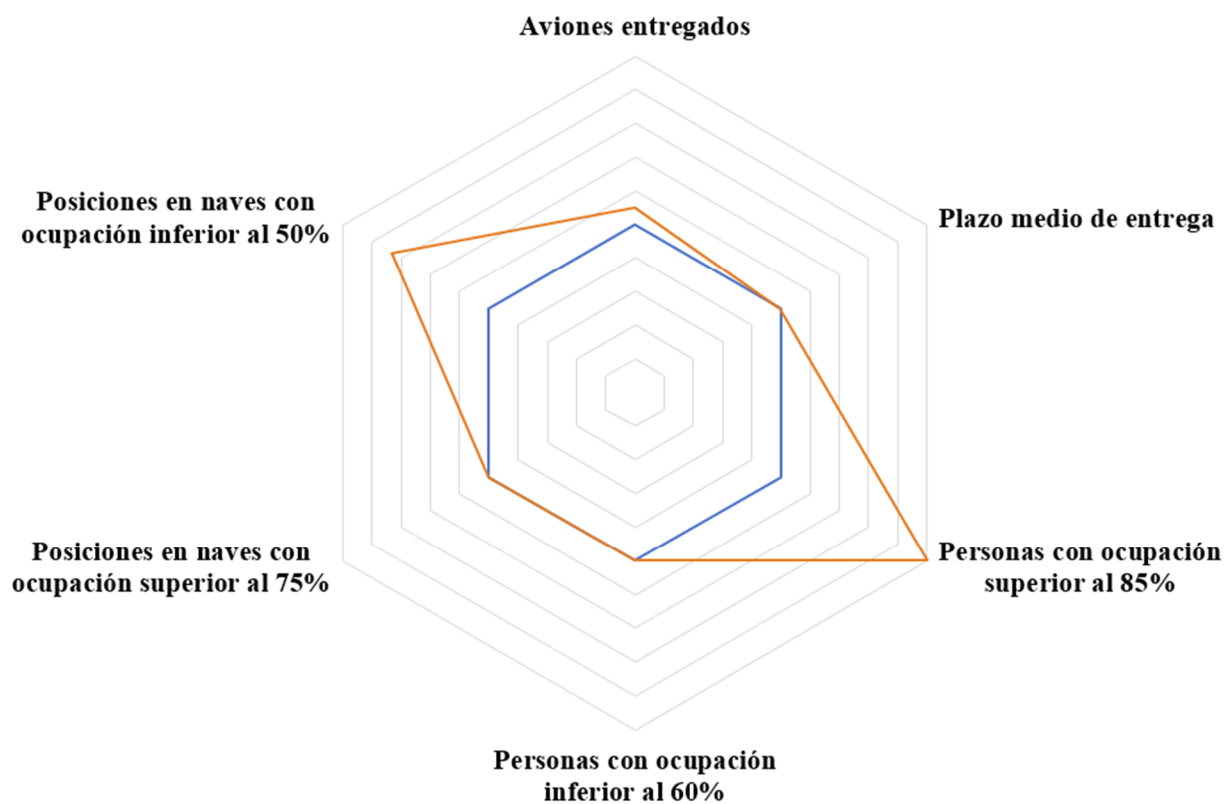


Figura 21: Gráfico polar de los valores de indicadores al aplicar la propuesta 1.

Fuente: Elaboración propia.

8.2 Propuesta 2: Reorganizar recursos

La segunda heurística de mejora que se decide probar es la de reorganizar recursos. Observando los resultados de la simulación de la situación inicial, existe una polarización considerable en la ocupación de las personas. Teniendo en cuenta que son los operarios de nivel 4 los que menor porcentaje de ocupación tienen, se decide reubicar a cuatro de los doce operarios a operaciones que se llevan a cabo en la nave 2. Es decir, dos operarios de nivel 4 pasan a ser operarios de nivel 1 y otros dos operarios pasan a ser operarios de nivel 2. Resultando en un nuevo modelo donde tenemos ocho operarios de nivel 4, veintinueve operarios de nivel 1 y doce operarios de nivel 2, además de los cinco operarios de nivel 3 que no sufren variación.

Nombre	Tipo	Instancias completadas	Instancias iniciadas	Tiempo mínimo (d)	Tiempo máximo (d)	Tiempo promedio (d)	Tiempo máximo esperando recursos (d)	Tiempo promedio esperando recursos (d)
00 Proceso	Proceso	19	36	47	365	220		
01 Llegada aviones	Evento de inicio	36						
02 Limpieza	Tarea	36	36	3	3	3	0	0
03 Puerta exclusiva 1	Compuerta	36	36					
04 Recepcion AV	Tarea	4	4	14	18	15	4	2
05 Desmontajes N1 AV	Tarea	4	4	2	5	3	3	1
06 Puerta paralela 3	Compuerta	4	4					
07 Montajes AV	Tarea	4	4	28	84	52	65	33
08 Pruebas Funcionales AV	Tarea	4	4	14	14	14	0	0
09 Corrección Defectos AV	Tarea	4	4	16	66	36	50	20
10 Cierre paralela 3	Compuerta	4	4					
11 Salida averia	Evento de Fin	4						
12 Puerta paralela 2	Compuerta	32	32					
13 Recepcion MN	Tarea	32	32	8	18	9	10	1
14 Desmontajes N1 MN	Tarea	31	32	28	43	30	15	1
15 Inspecciones N1 MN	Tarea	32	32	5	14	5	10	1
16 Cierre paralela 2	Compuerta	31	32					
17 Puerta paralela 4	Compuerta	31	31					
19 Desmontajes N2	Tarea	30	31	14	44	23	31	10
20 Inspecciones N2	Tarea	27	28	49	102	67	53	19
21 Correccion Defectos MN	Tarea	16	19	113	320	205	260	113
22 Pruebas Funcionales MN	Tarea	29	30	22	39	27	17	5
23 Montajes MN	Tarea	26	30	80	124	99	45	20
25 Cierre paralela 4	Compuerta	16	30					
26 Puerta exclusiva 6	Compuerta	16	16					
27 Pintura	Tarea	5	6	17	17	17	0	0
28 Entrega ES	Tarea	10	10	4	24	10	20	6
29 Salida mantenimiento estándar	Evento de Fin	10						
30 Puerta paralela 7	Compuerta	5	5					
31 Entrega CO	Tarea	5	5	15	23	20	9	7
32 Corrección Defectos N1	Tarea	5	5	17	23	20	6	3
33 Cierre paralela 7	Compuerta	5	5					
34 Salida mantenimiento complejo	Evento de Fin	5						

Tabla 32: Resultados de la simulación al aplicar la propuesta 2.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de esta propuesta de mejora no reflejan una mejora en los indicadores de aviones entregados y plazo medio de entrega, se entregan el mismo número de aviones y empeora ligeramente el plazo medio de entrega hasta los 220 días. Esto es debido a que al trasladar cuatro de los operarios de nivel 4 a los grupos de operarios de nivel 1 y 2, las tareas que estos realizan se ven influidas por esta reducción. Por otra parte, el incremento en el número de operarios de nivel 1 y 2 sí reduce el tiempo en espera de ellos.

Recursos	Ocupación
Operarios nivel 1	86,60 %
Operarios nivel 2	78,70 %
Operarios nivel 3	56,50 %
Operarios nivel 4	81,09 %
Posiciones nave limpieza	14,79 %
Posiciones nave 1 entrada	57,64 %
Posiciones nave 2	45,95 %
Posiciones nave pintura	13,36 %
Posiciones nave 1 salida	4,93 %
Posiciones global	35,11 %

Tabla 33: Ocupación de recursos al aplicar la propuesta 2.

Fuente: Elaboración propia.

El nivel de ocupación de los operarios de nivel 4 sí se ve aumentado que ahora es de 81,09%.

Por último los resultados que recogen los indicadores están recogidos en la tabla 34. Los indicadores relacionados con la entrega de aviones y el plazo medio de entrega reflejan un empeoramiento. Sin embargo, aquellos relacionados con la ocupación de las personas mejoran. Por último, el indicador de posiciones con ocupación inferior al 50% mejora en 3 posiciones.

KPI's	Inicial	Propuesta 2	
Aviones entregados	19	19	aviones
Plazo medio de entrega	213	220	días
Personas con ocupación superior al 85%	37	27	personas
Personas con ocupación inferior al 60%	17	5	personas
Posiciones en naves con ocupación superior al 75%	0	0	posiciones
Posiciones en naves con ocupación inferior al 50%	9	6	posiciones

Tabla 34: Valores de los indicadores al aplicar la propuesta 2.

Fuente: Elaboración propia.

En definitiva, vemos como los indicadores que recogen una mejora son los relacionados con la ocupación de personas y posiciones, lo cual era esperable porque esta propuesta actúa directamente sobre ese aspecto.

A continuación vemos reflejado el impacto sobre los indicadores en un gráfico polar de modo similar a la anterior propuesta:

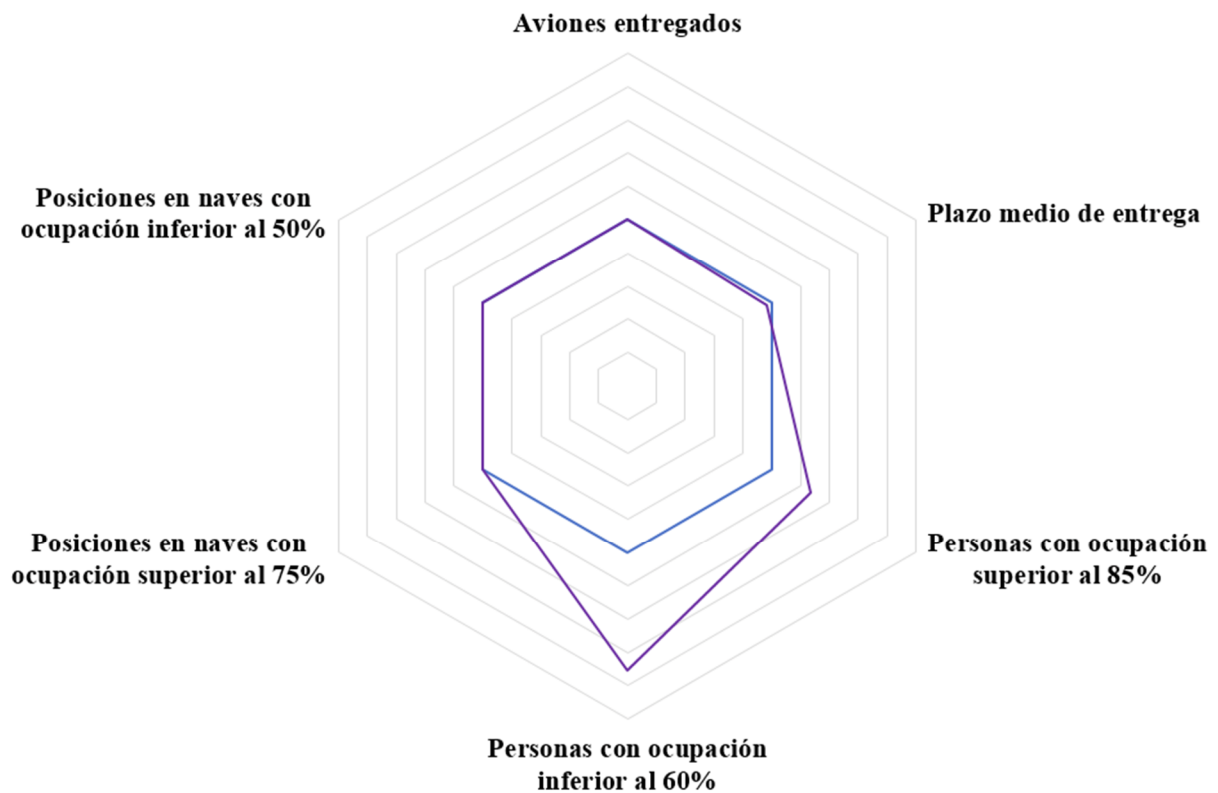


Figura 22: Gráfico polar de los valores de indicadores al aplicar la propuesta 2.

Fuente: Elaboración propia.

8.3 Propuesta 3: Asignación flexible

La tercera heurística de cambio que se decide considerar es la de realizar una asignación flexible de operarios a tareas. Si se realizase una inversión en formación de los operarios de nivel 1 y 2 y se dota a los operarios de alguna forma de transporte ágil entre naves, se podría seguir una asignación flexible de tareas a los operarios de nivel 1, 2 y 4. De este modo existirían dos categorías de operarios: de nivel 4 (resultado de unir las anteriores) y de nivel 3. En este nuevo modelo tenemos 49 operarios de nivel 4 y 5 operarios de nivel 3.

El resultado de la simulación al aplicar la propuesta 3 se ve recogido en la tabla siguiente:

Nombre	Tipo	Instancias completadas	Instancias iniciadas	Tiempo mínimo (d)	Tiempo máximo (d)	Tiempo promedio (d)	Tiempo máximo esperando recursos (d)	Tiempo promedio esperando recursos (d)
00 Proceso	Proceso	26	36	38	249	178		
01 Llegada aviones	Evento de inicio	36						
02 Limpieza	Tarea	36	36	3	3	3	0	0
03 Puerta exclusiva 1	Compuerta	36	36					
04 Recepcion AV	Tarea	4	4	14	35	23	22	10
05 Desmontajes N1 AV	Tarea	4	4	2	11	7	8	4
06 Puerta paralela 3	Compuerta	4	4					
07 Montajes AV	Tarea	4	4	19	61	35	42	16
08 Pruebas Funcionales AV	Tarea	4	4	14	14	14	0	0
09 Corrección Defectos AV	Tarea	4	4	16	42	24	27	9
10 Cierre paralela 3	Compuerta	4	4					
11 Salida avería	Evento de Fin	4						
12 Puerta paralela 2	Compuerta	32	32					
13 Recepcion MN	Tarea	31	32	8	48	14	40	7
14 Desmontajes N1 MN	Tarea	29	31	28	77	40	49	13
15 Inspecciones N1 MN	Tarea	32	32	5	29	9	25	4
16 Cierre paralela 2	Compuerta	29	32					
17 Puerta paralela 4	Compuerta	29	29					
19 Desmontajes N2	Tarea	27	28	14	46	18	32	4
20 Inspecciones N2	Tarea	26	27	49	94	60	46	12
21 Corrección Defectos MN	Tarea	23	27	113	141	123	49	12
22 Pruebas Funcionales MN	Tarea	27	28	22	56	29	34	7
23 Montajes MN	Tarea	24	27	80	130	98	50	18
25 Cierre paralela 4	Compuerta	23	27					
26 Puerta exclusiva 6	Compuerta	23	23					
27 Pintura	Tarea	9	9	17	17	17	0	0
28 Entrega ES	Tarea	13	14	4	22	9	21	6
29 Salida mantenimiento estándar	Evento de Fin	13						
30 Puerta paralela 7	Compuerta	9	9					
31 Entrega CO	Tarea	9	9	17	49	30	36	16
32 Corrección Defectos N1	Tarea	9	9	18	42	28	25	11
33 Cierre paralela 7	Compuerta	9	9					
34 Salida mantenimiento complejo	Evento de Fin	9						

Tabla 35: Resultados de la simulación al aplicar la propuesta 3.

Fuente: Elaboración propia.

Con la implementación de la propuesta 3 conseguimos ahora tener una tasa de entrega de 26 aviones (7 aviones más que en la situación de partida), donde el mayor incremento se experimenta en las revisiones de mantenimiento complejo con un incremento de 4 aviones seguido de un incremento de 3 aviones en la revisión de mantenimiento estándar. Por último, no se ve un incremento en el número de aviones completados en las resoluciones de averías.

Consecuentemente a lo anterior vemos una disminución del plazo medio de entrega que es ahora de 178 días.

Recursos	Ocupación
Operarios nivel 4	90,90 %
Operarios nivel 3	51,89 %
Posiciones nave limpieza	14,79 %
Posiciones nave 1 entrada	55,49 %
Posiciones nave 2	65,42 %
Posiciones nave pintura	21,37 %
Posiciones nave 1 salida	7,99 %
Posiciones global	44,22 %

Tabla 36: Ocupación de recursos al aplicar la propuesta 3.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de los indicadores tras simular la implantación de la propuesta de mejora 3 son los siguientes:

KPI's	Inicial	Propuesta 3	
Aviones entregados	19	26	aviones
Plazo medio de entrega	213	178	días
Personas con ocupación superior al 85%	37	49	personas
Personas con ocupación inferior al 60%	17	5	personas
Posiciones en naves con ocupación superior al 75%	0	0	posiciones
Posiciones en naves con ocupación inferior al 50%	9	3	posiciones

Tabla 37: Valores de los indicadores al aplicar la propuesta 3.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior, donde se recogen los datos de ocupación de los recursos, volvemos a ver cómo Bizagi trata de emplear los recursos al máximo, encontrándonos con los operarios de nivel 4 con una ocupación del 90,90%. Tal y como se hizo en la propuesta 1 realizamos una segunda simulación limitando la ocupación de los operarios de nivel 4 al nivel máximo fijado por la empresa como objetivo, es decir, al 85%.

Los resultados al simular añadiendo esta limitación se reflejan en la tabla siguiente:

Nombre	Tipo	Instancias completadas	Instancias iniciadas	Tiempo mínimo (d)	Tiempo máximo (d)	Tiempo promedio (d)	Tiempo máximo esperando recursos (d)	Tiempo promedio esperando recursos (d)
00 Proceso	Proceso	25	36	68	293	201		
01 Llegada aviones	Evento de inicio	36						
02 Limpieza	Tarea	36	36	3	3	3	0	0
03 Puerta exclusiva 1	Compuerta	36	36					
04 Recepcion AV	Tarea	4	4	21	44	28	30	14
05 Desmontajes N1 AV	Tarea	4	4	7	32	15	30	12
06 Puerta paralela 3	Compuerta	4	4					
07 Montajes AV	Tarea	4	4	35	46	41	27	22
08 Pruebas Funcionales AV	Tarea	4	4	14	22	16	8	2
09 Corrección Defectos AV	Tarea	4	4	16	32	26	17	10
10 Cierre paralela 3	Compuerta	4	4					
11 Salida avería	Evento de Fin	4						
12 Puerta paralela 2	Compuerta	32	32					
13 Recepcion MN	Tarea	32	32	8	69	23	61	15
14 Desmontajes N1 MN	Tarea	27	27	28	96	48	68	20
15 Inspecciones N1 MN	Tarea	32	32	5	27	8	22	4
16 Cierre paralela 2	Compuerta	27	32					
17 Puerta paralela 4	Compuerta	27	27					
19 Desmontajes N2	Tarea	26	27	14	57	23	43	9
20 Inspecciones N2	Tarea	24	26	49	119	67	71	22
21 Correccion Defectos MN	Tarea	21	26	113	159	126	73	20
22 Pruebas Funcionales MN	Tarea	26	27	22	77	34	55	12
23 Montajes MN	Tarea	23	26	80	156	101	80	28
25 Cierre paralela 4	Compuerta	21	26					
26 Puerta exclusiva 6	Compuerta	21	21					
27 Pintura	Tarea	8	8	17	17	17	0	0
28 Entrega ES	Tarea	13	13	4	58	17	54	13
29 Salida mantenimiento estándar	Evento de Fin	13						
30 Puerta paralela 7	Compuerta	8	8					
31 Entrega CO	Tarea	8	8	15	73	40	60	26
32 Corrección Defectos N1	Tarea	8	8	17	69	37	52	20
33 Cierre paralela 7	Compuerta	8	8					
34 Salida mantenimiento complejo	Evento de Fin	8						

Tabla 38: Resultados de la simulación al aplicar la propuesta 3 con límite.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente vemos que sí supone una mejora con respecto a la situación de partida, donde ahora tenemos un plazo medio de entrega de 201 días y se entregan 25 aviones a los clientes. Los aviones entregados se reparten en 4 en los que se resuelven averías, a 13 aviones se les realiza revisión estándar y 8 aviones para revisión compleja.

La ocupación de recursos queda recogida en la tabla siguiente:

Recursos	Ocupación
Operarios nivel 4	85,00 %
Operarios nivel 3	50,28 %
Posiciones nave limpieza	14,79 %
Posiciones nave 1 entrada	51,90 %
Posiciones nave 2	60,06 %
Posiciones nave pintura	19,00 %
Posiciones nave 1 salida	7,33 %
Posiciones global	40,91 %

Tabla 39: Ocupación de los recursos al aplicar la propuesta 3 con límite.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de los indicadores quedan recogidos a continuación. Donde se ve un progreso considerable en el número de aviones entregados.

KPI's	Inicial	Propuesta 3	
Aviones entregados	19	25	aviones
Plazo medio de entrega	213	201	días
Personas con ocupación superior al 85%	37	0	personas
Personas con ocupación inferior al 60%	17	5	personas
Posiciones en naves con ocupación superior al 75%	0	0	posiciones
Posiciones en naves con ocupación inferior al 50%	9	3	posiciones

Tabla 40: Valores de los indicadores al aplicar la propuesta 3 con límite.

Fuente: Elaboración propia.

El gráfico polar de la propuesta 3 nos da una mejor visibilidad de cuanto progreso se consigue. Como vemos el área que dibuja la unión de los vértices aumenta considerablemente.

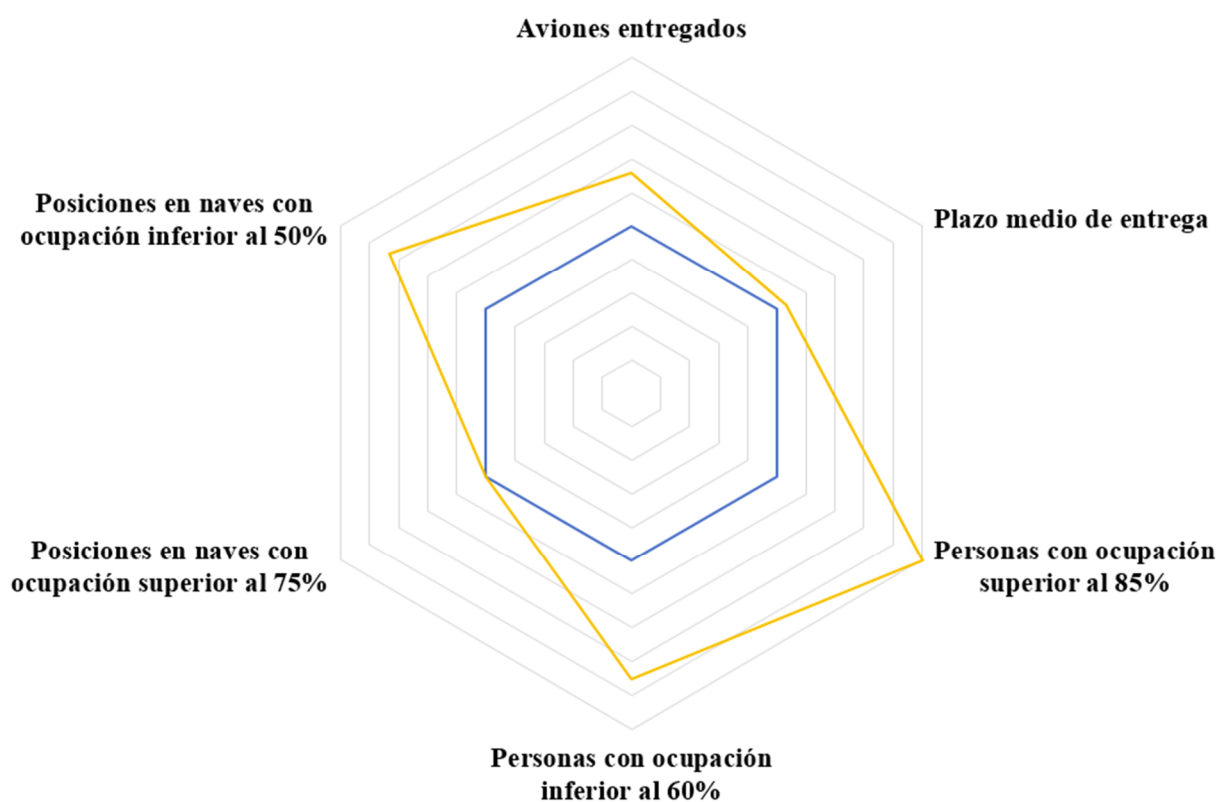


Figura 23: Gráfico polar de los valores de indicadores al aplicar la propuesta 3.

Fuente: Elaboración propia.

8.4 Propuesta 4: Considerar recursos extra

La cuarta heurística de mejora que se decide ensayar es la de considerar recursos extra. En la situación inicial tenemos a todos los operarios fuera de los límites que la empresa quiere establecer, concretamente los operarios de nivel 1 y 2 tienen una ocupación superior al 85% y los operarios de nivel 3 y 4 tienen una ocupación inferior al 60%.

Con objetivo de reducir los niveles de ocupación de los operarios de nivel 1 y 2, se decide contratar a 5 operarios de nivel 1 y, 2 de nivel 2.

Podemos obtener interesantes conclusiones de los resultados de la implementación de esta propuesta 4 recogidos en la tabla siguiente:

Nombre	Tipo	Instancias completadas	Instancias iniciadas	Tiempo mínimo (d)	Tiempo máximo (d)	Tiempo promedio (d)	Tiempo máximo esperando recursos (d)	Tiempo promedio esperando recursos (d)
00 Proceso	Proceso	22	36	38	343	184		
01 Llegada aviones	Evento de inicio	36						
02 Limpieza	Tarea	36	36	3	3	3	0	0
03 Puerta exclusiva 1	Compuerta	36	36					
04 Recepcion AV	Tarea	7	7	14	14	14	0	0
05 Desmontajes N1 AV	Tarea	7	7	2	2	2	0	0
06 Puerta paralela 3	Compuerta	7	7					
07 Montajes AV	Tarea	6	7	19	28	21	9	2
08 Pruebas Funcionales AV	Tarea	6	7	14	14	14	0	0
09 Corrección Defectos AV	Tarea	6	7	16	16	16	0	0
10 Cierre paralela 3	Compuerta	6	6					
11 Salida avería	Evento de Fin	6						
12 Puerta paralela 2	Compuerta	29	29					
13 Recepcion MN	Tarea	29	29	8	8	8	0	0
14 Desmontajes N1 MN	Tarea	29	29	28	28	28	0	0
15 Inspecciones N1 MN	Tarea	29	29	5	5	5	0	0
16 Cierre paralela 2	Compuerta	29	29					
17 Puerta paralela 4	Compuerta	29	29					
19 Desmontajes N2	Tarea	28	29	14	29	15	16	2
20 Inspecciones N2	Tarea	27	29	49	67	52	19	4
21 Correccion Defectos MN	Tarea	16	19	113	300	185	240	93
22 Pruebas Funcionales MN	Tarea	28	29	22	41	28	19	6
23 Montajes MN	Tarea	26	28	80	107	87	27	7
25 Cierre paralela 4	Compuerta	16	28					
26 Puerta exclusiva 6	Compuerta	16	16					
27 Pintura	Tarea	5	5	17	17	17	0	0
28 Entrega ES	Tarea	11	11	4	11	5	7	1
29 Salida mantenimiento estándar	Evento de Fin	11						
30 Puerta paralela 7	Compuerta	5	5					
31 Entrega CO	Tarea	5	5	14	14	14	0	0
32 Corrección Defectos N1	Tarea	5	5	17	17	17	0	0
33 Cierre paralela 7	Compuerta	5	5					
34 Salida mantenimiento complejo	Evento de Fin	5						

Tabla 41: Resultados de la simulación al aplicar la propuesta 4.

Fuente: Elaboración propia.

En este caso se consigue incrementar el número de aviones entregados en 3 aviones, 2 en resolución de averías y 1 en revisión de mantenimiento estándar.

Remitiendonos a la tabla 42, vemos progresos es en la ocupación de recursos, donde ahora los operarios de nivel 1 y 2 están entre los porcentajes objetivos de la empresa. Los operarios nivel 3 y 4 no se encuentran en los rangos aceptables, aunque mejoran con respecto a la situación de partida.

Tal y como cabía esperar, la ocupación de posiciones de la nave no sufre variación al no cambiar el número de aviones entregados en ningún servicio realizado.

Recursos	Ocupación
Operarios nivel 1	78,48 %
Operarios nivel 2	73,03 %
Operarios nivel 3	56,38 %
Operarios nivel 4	51,53 %
Posiciones nave limpieza	14,79 %
Posiciones nave 1 entrada	57,39 %
Posiciones nave 2	45,65 %
Posiciones nave pintura	11,87 %
Posiciones nave 1 salida	5,11 %
Posiciones global	34,86 %

Tabla 42: Ocupación de recursos al aplicar la propuesta 4.

Fuente: Elaboración propia.

Cabe también comentar que existe una mejora en el plazo medio de entrega de aviones que tras implantar la propuesta 4 es de 184 días. Esta mejora viene en mayor medida por el aumento de aviones entregados por revisión de averías, que duran menos en nuestras instalaciones.

KPI's	Inicial	Propuesta 4	
Aviones entregados	19	22	aviones
Plazo medio de entrega	213	184	días
Personas con ocupación superior al 85%	37	0	personas
Personas con ocupación inferior al 60%	17	17	personas
Posiciones en naves con ocupación superior al 75%	0	0	posiciones
Posiciones en naves con ocupación inferior al 50%	9	9	posiciones

Tabla 43: Valores de los indicadores al aplicar la propuesta 4.

Fuente: Elaboración propia.

La reducción abrupta en la ocupación de los operarios de nivel 1 y 2 en esta propuesta sugiere poder considerar una contratación más precisa. Por lo que se ha decidido ajustar la propuesta a un número menor de incorporaciones, en concreto dos operarios de nivel 1 y uno de nivel 2. Resultando en un modelo con 27 operarios de nivel 1 y 13 de nivel 2.

Esta situación da el resultado siguiente:

Nombre	Tipo	Instancias completadas	Instancias iniciadas	Tiempo mínimo (d)	Tiempo máximo (d)	Tiempo promedio (d)	Tiempo máximo esperando recursos (d)	Tiempo promedio esperando recursos (d)
00 Proceso	Proceso	22	36	38	343	188		
01 Llegada aviones	Evento de inicio	36						
02 Limpieza	Tarea	36	36	3	3	3	0	0
03 Puerta exclusiva 1	Compuerta	36	36					
04 Recepcion AV	Tarea	7	7	14	14	14	0	0
05 Desmontajes N1 AV	Tarea	7	7	2	2	2	0	0
06 Puerta paralela 3	Compuerta	7	7					
07 Montajes AV	Tarea	6	6	19	55	37	36	19
08 Pruebas Funcionales AV	Tarea	6	7	14	14	14	0	0
09 Corrección Defectos AV	Tarea	6	6	16	47	28	31	12
10 Cierre paralela 3	Compuerta	6	6					
11 Salida avería	Evento de Fin	6						
12 Puerta paralela 2	Compuerta	29	29					
13 Recepcion MN	Tarea	29	29	8	8	8	0	0
14 Desmontajes N1 MN	Tarea	29	29	28	28	28	0	0
15 Inspecciones N1 MN	Tarea	29	29	5	5	5	0	0
16 Cierre paralela 2	Compuerta	29	29					
17 Puerta paralela 4	Compuerta	29	29					
19 Desmontajes N2	Tarea	28	28	14	49	24	36	11
20 Inspecciones N2	Tarea	25	28	49	108	68	60	21
21 Corrección Defectos MN	Tarea	16	19	113	300	185	240	93
22 Pruebas Funcionales MN	Tarea	28	29	22	41	28	19	6
23 Montajes MN	Tarea	24	27	80	125	101	45	23
25 Cierre paralela 4	Compuerta	16	28					
26 Puerta exclusiva 6	Compuerta	16	16					
27 Pintura	Tarea	5	5	17	17	17	0	0
28 Entrega ES	Tarea	11	11	4	11	5	7	1
29 Salida mantenimiento estándar	Evento de Fin	11						
30 Puerta paralela 7	Compuerta	5	5					
31 Entrega CO	Tarea	5	5	14	14	14	0	0
32 Corrección Defectos N1	Tarea	5	5	17	17	17	0	0
33 Cierre paralela 7	Compuerta	5	5					
34 Salida mantenimiento complejo	Evento de Fin	5						

Tabla 44: Resultados de la simulación al aplicar la propuesta 4 reducida.

Fuente: Elaboración propia.

En este caso se empeora el plazo medio de entrega ligeramente, sube a 188 días, debido a una mayor espera en los recursos producidos por el ajuste en la contratación. Esto mismo también resulta en una mayor ocupación de los operarios de nivel 1 y 2 pero dentro de los límites planteados por la empresa.

Recursos	Ocupación
Operarios nivel 1	83,48 %
Operarios nivel 2	84,27 %
Operarios nivel 3	56,38 %
Operarios nivel 4	51,53 %
Posiciones nave limpieza	14,79 %
Posiciones nave 1 entrada	57,39 %
Posiciones nave 2	45,65 %
Posiciones nave pintura	11,87 %
Posiciones nave 1 salida	5,11 %
Posiciones global	34,86 %

Tabla 45: Ocupación de recursos al aplicar la propuesta 4 reducida.

Fuente: Elaboración propia.

Los indicadores no se ven afectados por este ajuste y obtenemos los mismos valores con un menor esfuerzo por parte de la compañía:

KPI's	Inicial	Propuesta 4 reducida	
Aviones entregados	19	22	aviones
Plazo medio de entrega	213	188	días
Personas con ocupación superior al 85%	37	0	personas
Personas con ocupación inferior al 60%	17	17	personas
Posiciones en naves con ocupación superior al 75%	0	0	posiciones
Posiciones en naves con ocupación inferior al 50%	9	9	posiciones

Tabla 46: Valores de los indicadores al aplicar la propuesta 4 reducida.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de los indicadores quedan reflejados en un diagrama polar de la siguiente forma:

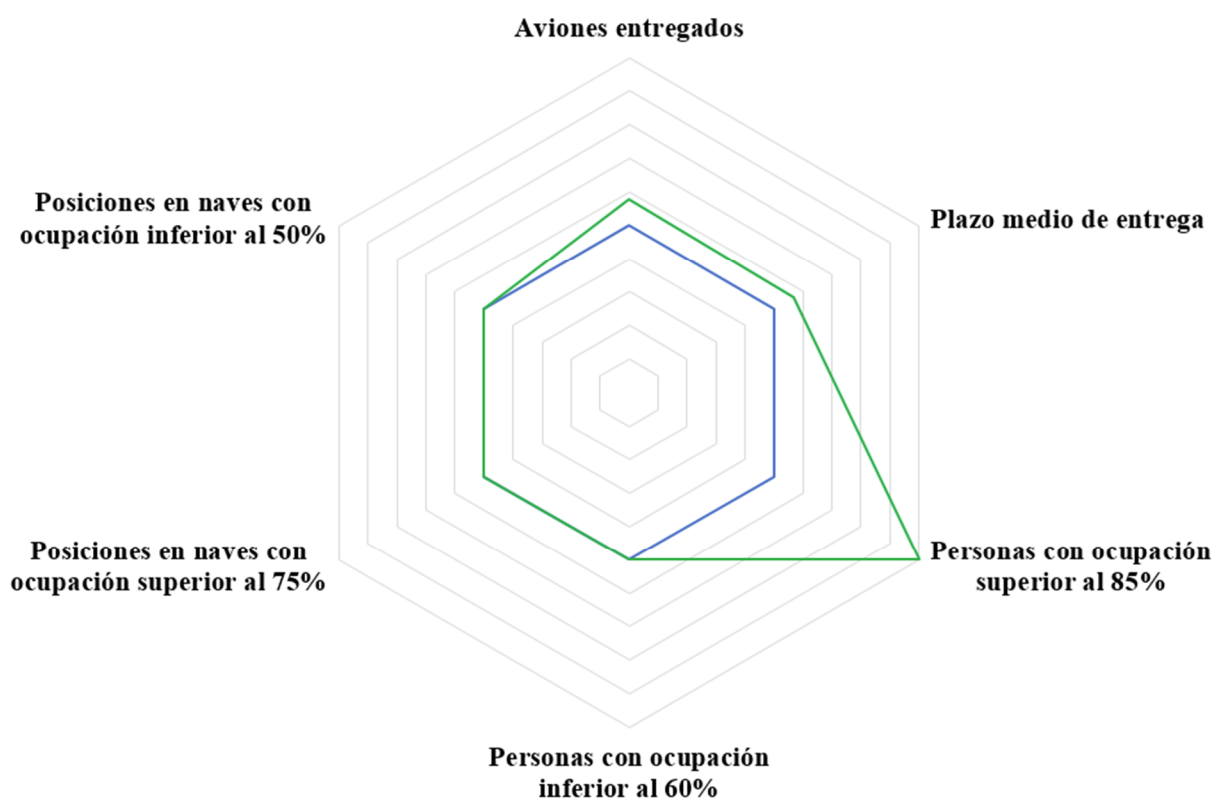


Figura 24: Gráfico polar de los valores de indicadores al aplicar la propuesta 4.

Fuente: Elaboración propia.

8.5 Propuesta 5: Reordenar actividades

La quinta heurística de mejora que se decide ensayar es la de reordenar actividades. Por la naturaleza del proceso, las actividades que permiten un mayor grado de flexibilidad son las de limpieza. Después de discutir la posibilidad de realizar las tareas de limpieza tras los primeros desmontajes con la dirección del centro de mantenimiento se ha llegado a la conclusión de que técnicamente sería realizable. La razón por la que sería realizable es porque los primeros desmontajes se realizan mayormente en las zonas exteriores del avión.

Además se ha sugerido reducir el tiempo de tres a dos días la duración de la limpieza en resolución de averías por realizarse este tipo de trabajos en zonas específicas del avión. También se lograrían mejores trabajos por el servicio subcontratado de limpieza ya que quedaría expuesta una mayor superficie del avión para ser limpiada. Por lo tanto, se decide modificar el modelo en este sentido, resultando en el diagrama representado en la figura siguiente.

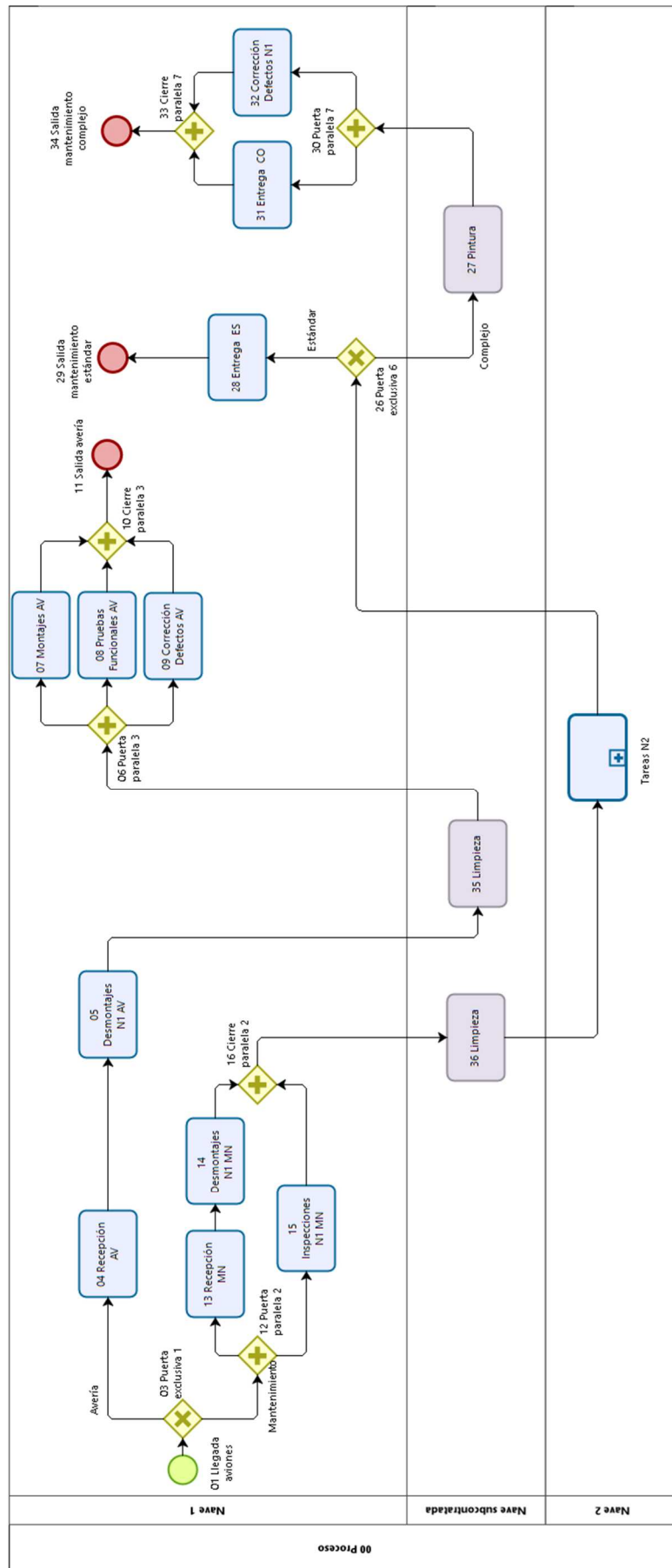


Figura 25: Diagrama del modelo al aplicar la propuesta 5.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados que se consiguen tras implementar la propuesta de mejora 5 son mejores a los de la situación de partida en términos de salida de aviones y de plazo medio de entrega. Nos encontramos con que se llega a entregar 6 aviones en la resolución de averías, lo que disminuye considerablemente el plazo medio de entrega. Por otra parte, se entregan 11 aviones que pasan revisión estándar y 5 a los que se les realiza revisión compleja.

Nombre	Tipo	Instancias completadas	Instancias iniciadas	Tiempo mínimo (d)	Tiempo máximo (d)	Tiempo promedio (d)	Tiempo máximo esperando recursos (d)	Tiempo promedio esperando recursos (d)
00 Proceso	Proceso	22	36	37	342	186		
01 Llegada aviones	Evento de inicio	36						
03 Puerta exclusiva 1	Compuerta	36	36					
04 Recepcion AV	Tarea	7	7	14	14	14	0	0
05 Desmontajes N1 AV	Tarea	7	7	2	2	2	0	0
06 Puerta paralela 3	Compuerta	7	7					
07 Montajes AV	Tarea	6	6	19	58	32	39	13
08 Pruebas Funcionales AV	Tarea	6	7	14	14	14	0	0
09 Corrección Defectos AV	Tarea	6	7	16	39	20	24	4
10 Cierre paralela 3	Compuerta	6	6					
11 Salida avería	Evento de Fin	6						
12 Puerta paralela 2	Compuerta	29	29					
13 Recepcion MN	Tarea	29	29	8	8	8	0	0
14 Desmontajes N1 MN	Tarea	29	29	28	28	28	0	0
15 Inspecciones N1 MN	Tarea	29	29	5	5	5	0	0
16 Cierre paralela 2	Compuerta	29	29					
17 Puerta paralela 4	Compuerta	29	29					
19 Desmontajes N2	Tarea	28	28	14	65	21	52	7
20 Inspecciones N2	Tarea	24	26	49	145	83	97	38
21 Correccion Defectos MN	Tarea	16	19	113	300	184	240	93
22 Pruebas Funcionales MN	Tarea	28	29	22	39	28	17	6
23 Montajes MN	Tarea	23	26	80	139	107	59	30
25 Cierre paralela 4	Compuerta	16	28					
26 Puerta exclusiva 6	Compuerta	16	16					
27 Pintura	Tarea	5	5	17	17	17	0	0
28 Entrega ES	Tarea	11	11	4	7	4	3	0
29 Salida mantenimiento estándar	Evento de Fin	11						
30 Puerta paralela 7	Compuerta	5	5					
31 Entrega CO	Tarea	5	5	14	14	14	0	0
32 Corrección Defectos N1	Tarea	5	5	17	17	17	0	0
33 Cierre paralela 7	Compuerta	5	5					
34 Salida mantenimiento complejo	Evento de Fin	5						
35 Limpieza AV	Tarea	7	7	2	2	2	0	0
36 Limpieza MN	Tarea	29	29	2	4	2	2	0

En cuanto a la ocupación de recursos no se ven afectados en gran medida, lo cual sugiere que sería interesante combinarla con alguna de las propuestas que tienen un enfoque directo hacia los recursos.

Recursos	Ocupación
Operarios nivel 1	86,91 %
Operarios nivel 2	91,43 %
Operarios nivel 3	56,51 %
Operarios nivel 4	51,53 %
Posiciones nave limpieza	9,86 %
Posiciones nave 1 entrada	57,44 %
Posiciones nave 2	45,71 %
Posiciones nave pintura	11,87 %
Posiciones nave 1 salida	5,11 %
Posiciones global	34,55 %

Tabla 47: Ocupación de recursos al aplicar la propuesta 5.

Fuente: Elaboración propia.

El valor de los indicadores de seguimiento para esta situación es:

KPI's	Inicial	Propuesta 5	
Aviones entregados	19	22	aviones
Plazo medio de entrega	213	186	días
Personas con ocupación superior al 85%	37	37	personas
Personas con ocupación inferior al 60%	17	17	personas
Posiciones en naves con ocupación superior al 75%	0	0	posiciones
Posiciones en naves con ocupación inferior al 50%	9	6	posiciones

Tabla 48: Valores de los indicadores al aplicar la propuesta 5.

Fuente: Elaboración propia.

Los indicadores KPIs tras la simulación de la propuesta 5 al igual que su gráfico polar reflejan claramente una mejora considerable en los aviones entregados y en el plazo medio de entrega del proceso. Por el contrario, en cuanto a los indicadores de ocupación, sólo vemos variación en el indicador de posiciones con ocupación inferior al 50% que esta vez es de seis posiciones.

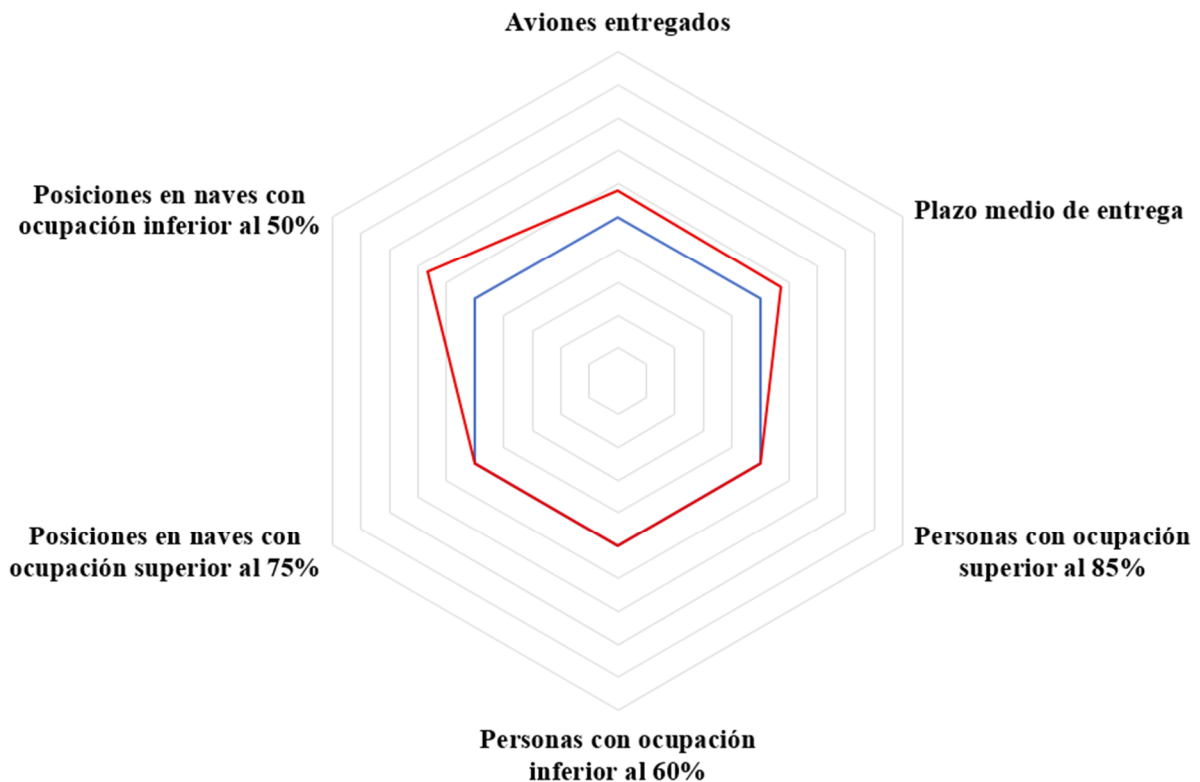


Figura 26: Gráfico polar de los valores de indicadores al aplicar la propuesta 5.

Fuente: Elaboración propia.

8.6 Selección de alternativas: análisis PICK de las propuestas de mejora

Con idea de priorizar entre las propuestas ensayadas se puede utilizar un análisis de PICK. Su nombre proviene del termino en inglés de las distintas categorías en las que clasifica las alternativas a analizar (Possible, Implement, Challenge y Kill). En este análisis se relaciona el esfuerzo para una hipotética implantación de cada propuesta con los resultados previsibles, que en este caso se valora sobre los indicadores que las simulaciones han producido.

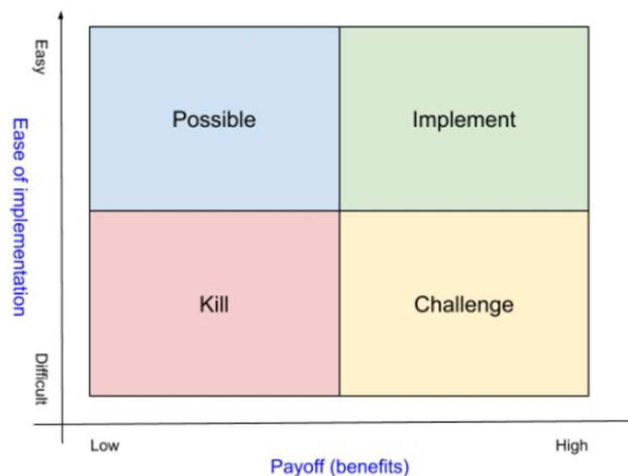


Figura 27: Ejemplo de gráfico PICK.

Fuente: (Colorado Department of Transportation, s.f.)

En el eje X del diagrama PICK se ha representado el incremento promedio de los indicadores de las propuestas y en el eje Y el valor otorgado por la organización al esfuerzo que supondría llevar a cabo las distintas propuestas de mejora.

Se ha usado una escala de valores del 1 al 5 que represente el esfuerzo de llevar a cabo las distintas propuestas, siendo 1 una cantidad de esfuerzo baja y 5 muy alta.

También se ha analizado cualitativamente el impacto sobre los indicadores de forma global al aplicar cada propuesta y se ha otorgado calificaciones en términos de mejora: muy baja, baja, neutral, alta y muy alta.

Los valores que la empresa ha dado a cada propuesta se detallan a continuación:

- Propuesta de mejora 1: centralizar recursos. La dirección del centro decide dar a esta propuesta de mejora un valor de esfuerzo igual a 3 debido a que un número alto de personas tendrían que realizar formación adicional que supone una inversión económica además de tiempo en completarse y acordar el cambio de categoría. Por otra parte, se ha decidido dar una calificación de mejora baja.
- Propuesta de mejora 2: reorganizar recursos. En este caso la dirección decide que por el volumen bajo de operarios a reubicar y por la formación del grupo de operarios de nivel 4 dar una puntuación de esfuerzo igual a 1. Finalmente la calificación de mejora es muy baja porque no consigue sacar más aviones, sólo equilibrar la ocupación de los operarios.
- Propuesta de mejora 3: establecer una asignación flexible. Aquí la dirección del centro argumenta que sería necesario dotar de algún medio de transporte ágil para los operarios para cambiar de nave rápidamente además de formación como en la propuesta de mejora 1. Lo que ha resultado en un valor de esfuerzo igual a 2. En esta propuesta la calificación de la mejora es muy alta.
- Propuesta de mejora 4: considerar recursos extra. En este caso la dirección entiende que sería

necesario un esfuerzo económico por parte de la empresa para cubrir los salarios de las personas a incorporar y un periodo de adaptación por lo que se le otorga una puntuación de esfuerzo igual a 4. En este caso la calificación de mejora de la propuesta es alta.

- Propuesta de mejora 5: reordenar actividades. En esta situación se establece un nivel de esfuerzo igual a 1 ya que esta propuesta sólo supone secuenciar las tareas de inicio de otra forma. A esta propuesta se decide dar una calificación de mejora alta.

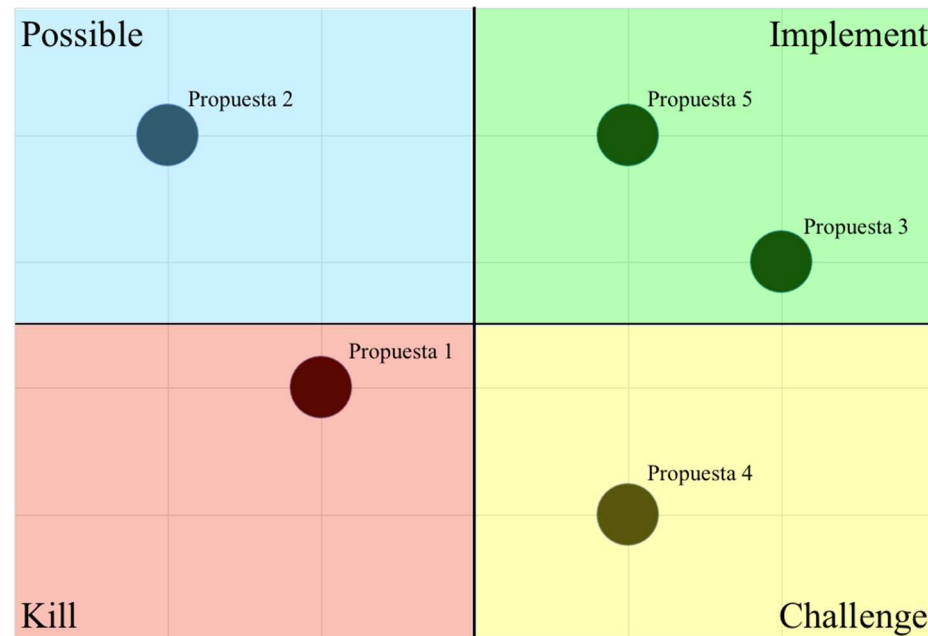


Figura 28: Gráfico PICK de clasificación de las propuestas de mejora consideradas.

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos ver en el gráfico PICK, la propuesta de mejora 2 se sitúa en la categoría de posibles. Esta categoría se define por un esfuerzo e impacto previsiblemente bajos.

La categoría contraria es la llamada como desafío, definida por un esfuerzo e impacto previsiblemente altos y como su nombre indica, en ella nos encontramos la propuesta 4 que supondría un desafío para la empresa poder implantarla satisfactoriamente.

Por otra parte las propuestas de mejora 3 y 5 se encuentran en el cuadrante superior derecho que representa la categoría de implementar, definida por un esfuerzo previsiblemente bajo y un impacto esperable alto. Esta categoría es la más interesante y sugiere otorgarle prioridad sobre las demás.

Finalmente la categoría de propuestas a evitar es la del cuadrante inferior izquierdo, que se define por un esfuerzo previsiblemente alto e impacto bajo sobre la organización. Esta sugiere ser descartada.

9 CONCLUSIONES Y POSIBLES AMPLIACIONES DE ESTE TRABAJO

En el inicio de este documento se propuso como objeto del trabajo el análisis de los procesos que se siguen en un taller de mantenimiento de aeronaves y la propuesta de alternativas para un mejor funcionamiento.

Se decidió utilizar la metodología BPM por el conocimiento que se alcanza en nuestra carrera sobre la misma y la variedad de documentación sobre enfoques que existen relacionadas con ella.

Utilizando Bizagi como herramienta de modelado se ha alcanzado a elaborar una serie de diagramas que recogen los procesos que realiza la empresa, incluso se han considerado los tiempos dedicados a cada tarea y se ha simulado para hacer aflorar los problemas existentes.

El modelo se consideró ajustado cuando, después de multitud de conversaciones con los responsables de las distintas áreas y ajustes de los parámetros en diagramas, el modelo presentaba los mismos problemas y en magnitud similar a lo que se ve en el día a día del trabajo.

A raíz de disponer del modelo ajustado se han propuesto una serie de alternativas basándome en trabajos y estudios publicados sobre gestión de procesos en los que se definen heurísticas de mejora a partir de enfoques que la experiencia ha mostrado. Concretamente he seguido mayoritariamente las orientaciones de (Brand & van der Kolk, 1995) y (Dumas, La Rosa, Mendling, & Reijers, 2013).

Estas alternativas se han incorporado sobre el modelo inicial y mediante simulación se valora el impacto que supone cada una.

A lo largo del trabajo se alcanza a identificar que el enfoque de gestión de procesos, ayudado por las herramientas más comunes que tiene a su alcance ha permitido un nivel de conocimiento y de avance suficientes para orientar el modo en el que conseguir un mejor resultado.

El trabajo se ha hecho con una serie de limitaciones que suponen una oportunidad de que con más recursos se pueda alcanzar un resultado más detallado.

Entre las principales limitaciones que he apreciado están:

- El hecho de que por las características del avión que se trata y sus propietarios, los costes no son datos que la empresa maneje como objetivo prioritario y, de hecho, no he tenido acceso a utilizarlos en mis prácticas con la empresa ni en este trabajo.
- Hay otra cuestión que no he tenido opción a tratar, por el acceso a información de que he dispuesto, que es la relación con proveedores de materiales y componentes para la incorporación a los aviones. Este es sin duda un factor que influye muy directamente en los plazos de las reparaciones y las unidades terminadas pero su incorporación sería relativamente fácil con las mismas técnicas que he usado.
- Por último, la herramienta de simulación y modelado escogida: Bizagi. Está enfocada a la facilidad de uso y resulta muy útil para el análisis de procesos de negocio pero presenta unas limitaciones en cuanto a la gestión de eventos intermedios en procesos amplios que han supuesto alguna dificultad en los trabajos. Hay paquetes software de uso más general en simulación que permitirían resolverlos.

10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Colorado Department of Transportation. (s.f.). Obtenido de <https://www.codot.gov/business/process-improvement/self-service/tools/pick>
- Bizagi Process Modeler. (2019). Obtenido de <http://help.bizagi.com/process-modeler/es/>
- Brand, N., & van der Kolk, H. (1995). Workflow analysis and design. Kluwer Bedrijfswetenschappen.
- Business Insider. (2018). Obtenido de <https://markets.businessinsider.com/news/stocks/the-global-military-aviation-mro-market-2018-2028-1027447261>
- Davenport, T. H., & Short, J. E. (1990). The New Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign. Sloan Management Review, Vol 31, No. 4.
- Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2013). Fundamentals of Business Process Management. Springer.
- Raju, V., Gandhi, O., & Deshmukh, S. (2012). Maintenance, Repair, and Overhaul Performance Indicators for Military. Defence Science Journal, Vol. 62, No. 2, pp. 83-89.
- Rodrigues, D., & Lavorato, P. (2016). Maintenance, Repair and Overhaul (MRO) Fundamental and Strategies; An Aeronautical Industry Overview. International Journal of Computer Applications (0975-8887), Volume 125 - No.12.

11 GLOSARIO DE TÉRMINOS

BPM	Business Process Management.
BPMI	Business Process Management Initiative.
BPML	Business Process Management Language.
BPMN	Business Process Management Notation.
BPMS	Business Process Management System.
BPR	Business Process Reengineering.
Corrección defectos AV	Fase de corrección de defectos que se hace a un avión que acude para la resolución de una avería.
Corrección defectos MN	Fase de corrección de defectos que se hace a un avión que acude por mantenimiento.
Corrección defectos N1	Fase de corrección de defectos que se hace en la nave 1 a un avión que acude por mantenimiento.
Desmontajes N1 AV	Fase de desmontaje de elementos que se hace en la nave 1 a un avión que acude para la resolución de una avería.
Desmontajes N1 MN	Fase de desmontaje de elementos que se hace en la nave 1 a un avión que acude por mantenimiento.
Desmontajes N2	Fase de desmontaje de elementos que se hace en la nave 2.
Entrega CO	Fase de entrega al cliente de un avión que acude para un mantenimiento complejo.
Entrega ES	Fase de entrega al cliente de un avión que acude para un mantenimiento estándar.
ERP	Enterprise Resource Planning.
Inspecciones N1 MN	Fase de inspección que se hace en la nave 1 a un avión que acude por mantenimiento.
Inspecciones N2	Fase de inspección que se hace en la nave 2.
KPI	Key Performance Indicators. Indicadores clave de gestión.
Montajes AV	Fase de montaje que se hace sobre un avión que acude para la resolución de una avería.
Montajes MN	Fase de montaje que se hace sobre un avión que acude por mantenimiento.
OMG	Object Management Group.
PICK	Possible / Implement / Kill / Challenge. Metodología de clasificación y selección de alternativas.
Pruebas funcionales AV	Fase de pruebas que se hace tras la actuación sobre un avión que acude para la resolución de una avería.
Pruebas funcionales MN	Fase de pruebas que se hace tras la actuación sobre un avión que acude por mantenimiento.
Recepción AV	Fase de recepción de un avión que acude para la resolución de una avería.
Recepción MN	Fase de recepción de un avión que acude por mantenimiento.

WfMSs	Workflow Management Systems.
XML	Extensible Markup Language.
XPDL	XML Process Definition Language.

12 ANEXOS

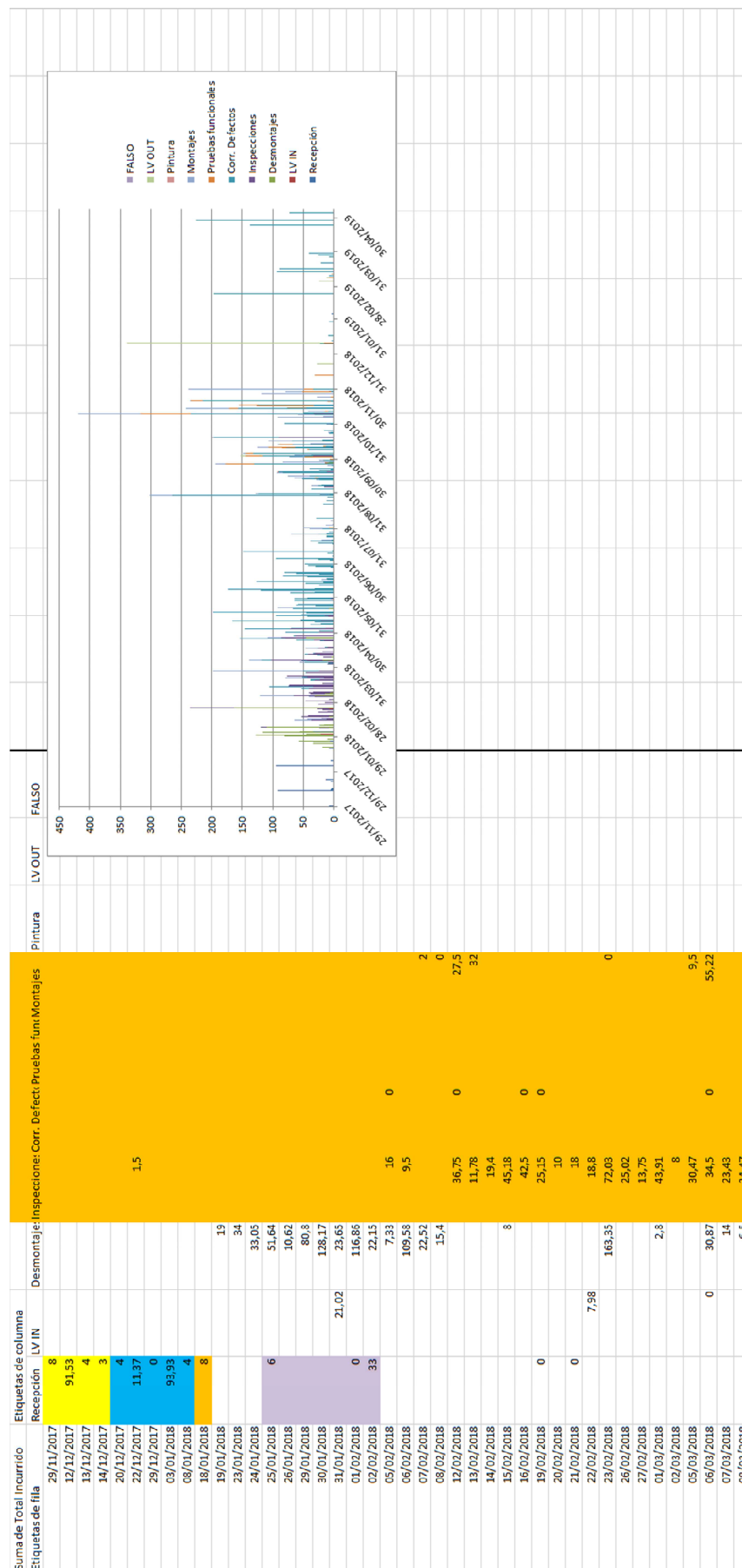
12.1 Ejemplos de la información de origen disponible en el centro

En el desarrollo del trabajo se han manejado tablas de datos con las operaciones registradas sobre los aviones a lo largo de dos años de las que se ha extraído y depurado la información necesaria para elaborar los modelos. A continuación se muestran ejemplos de algunas de ellas en las que se ha ocultado la identificación de personas o aviones:

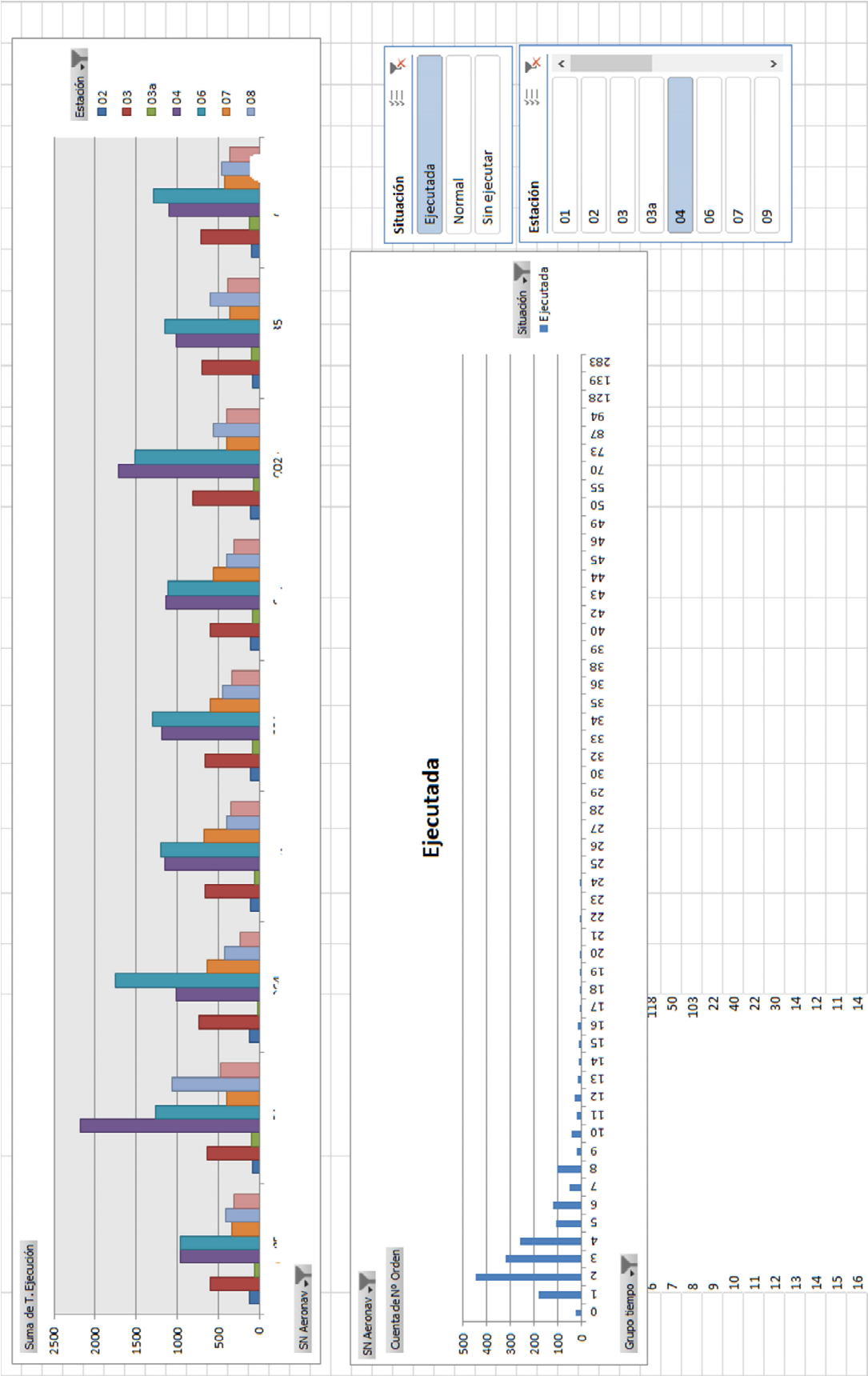
Directiva	Estación	SM Aeronav.	Tipo Orden	Objeto Liquidación	Nombre Orden Mantenimiento	Descripción Operación	Estado	Situación	N Oper	SGM
03	0047045	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-04	57.52.04.01, DSM1	DESMONTAR LOS FLAPS INTERIORES	Cerrada	Ejecutada	347	MANDOS DE VUELO - MIRO
03	0046883	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-03	21.10.00.03 DSM1 RH	Desmontaje de la Válvula Antirretorno de Baja Presión, RH	Cerrada	Ejecutada	347	MOTORES - MIRO
03	0046956	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-04	27.33.00.02	Inspección visual detallada de las Barras de Control de los Compensadores del Alerón	Cerrada	Ejecutada	347	MANDOS DE VUELO - MIRO
03	0046883	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-03	21.10.00.03 DSM1 LH	Desmontaje de la Válvula Antirretorno de Baja Presión, LH	Cerrada	Ejecutada	347	MOTORES - MIRO
03a	0046892	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-03	AOT-C295-24-0003/24-22.00.02 DSM1	DESMONTAJE DEL ALTERNADOR (S/N 1164) PARA RESTAURACIÓN E IMPLEM. CERRADA	Cerrada	Ejecutada	347	MOTORES - MIRO
03a	0046904	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-03	25.13.00.03 DSM	DESMONTAJE DE MOTORBOMBAS ELÉCTRICAS PARA INSPECCIÓN VISUAL, DET. CERRADA	Cerrada	Ejecutada	347	INSTALACIONES FLUIDAS - MIRO
03a	0046896	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-03	25.13.00.03 DSM	Desmontaje de los interruptores de sobretensión	Cerrada	Ejecutada	347	INSTALACION ELÉCTRICA - MIRO
03a	0046892	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-03	AOT-C295-24-0003/24-22.00.02 DSM2	DESMONTAJE DEL ALTERNADOR (S/N 1203) PARA RESTAURACIÓN E IMPLEM. CERRADA	Cerrada	Ejecutada	347	MOTORES - MIRO
03	0047009	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-03	78.10.00.01 DSM	Desmontar los conductos primario y secundario de escape	Cerrada	Ejecutada	347	MOTORES - MIRO
01	0046871	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-01	28.22.00.04	CA-A-28-22-00-00A-310C-A: SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y TRANSVASE DE MOT. CERRADA	Cerrada	Ejecutada	347	LINEA DE VUELO - MIRO
04	0046994	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-04	55.20.11.01 IN	Herrajes de articulación del timón de altura a la aleta compensadora (en la aleta CERRADA)	Cerrada	Ejecutada	347	ESTRUCTURAS - MIRO
03a	0047142	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-04	52.16.02.01 DSM	Desmontar la puerta de paracaidistas	Cerrada	Ejecutada	347	MOTORES - MIRO
03	0046893	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-03	61.30.00.03 DSM	DESMONTAJE DEL FRENO DE LA Hélice PARA REEMPLAZAR LOS RODAMIENTOS CERRADA	Cerrada	Ejecutada	347	INSTALACION ELÉCTRICA - MIRO
03	0046879	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-03	21.60.00.03 DSM	Desmontaje del Sensor de Temperatura de la Cámara de Pilotos para Limpieza CERRADA	Cerrada	Ejecutada	347	INSTALACION ELÉCTRICA - MIRO
03a	0046897	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-03	23.71.00.04 DSM	DESMONTAJE DE LA BALIZA LOCALIZADORA (ULB) DEL GRABADOR DE VOZ DE Alerón	Cerrada	Ejecutada	347	INSTALACION ELÉCTRICA - MIRO
03a	0046907	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-03	24.32.00.02 DSM	DESMONTAJE BATERÍAS PARA RESTAURACIÓN	Cerrada	Ejecutada	347	INSTALACION ELÉCTRICA - MIRO
06	0046879	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-03	21.60.00.03 MNT	Montaje del Sensor de Temperatura de la Cámara de Pilotos para Limpieza CERRADA	Cerrada	Ejecutada	347	MOTORES - MIRO
0046548	7	Resolución de Defectos	3/R16, 0157-R16	DEFECTOS DIFERIDOS	One Back up battery test weak/off - ZONAL 130		Cerrada	Ejecutada	347	INSTALACION ELÉCTRICA - MIRO
0046548	7	Resolución de Defectos	3/R16, 0157-R16	DEFECTOS DIFERIDOS	Noise wheel vibration on take off		Cerrada	Ejecutada	347	INSTALACIONES FLUIDAS - MIRO
0046548	7	Resolución de Defectos	3/R16, 0157-R16	DEFECTOS DIFERIDOS	Co-pilot reading light broken - ZONAL 212		Cerrada	Ejecutada	347	INSTALACION ELÉCTRICA - MIRO
0046548	7	Resolución de Defectos	3/R16, 0157-R16	DEFECTOS DIFERIDOS	CVR Panel melting - ZONAL 217		Cerrada	Ejecutada	347	AVIONICA - MIRO
0046548	7	Resolución de Defectos	3/R16, 0157-R16	DEFECTOS DIFERIDOS	Battery Hot indication of IEDS (Defective Indicated - ZONAL 217		Cerrada	Ejecutada	347	INSTALACION ELÉCTRICA - MIRO
03	0047031	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-04	53.11.03.01 DSM1	Desmontar las cajas de pedales del timón de dirección	Cerrada	Ejecutada	347	MOTORES - MIRO
03a	0047311	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-11	S8295-73-0003M DSM	DESMONTAJE Y ENVÍO CONTROL ELECTRONICO DE MOTOR, EEC, KB5 (KE6)	Cerrada	Ejecutada	347	MANDOS DE VUELO - MIRO
03a	0046890	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-03	24.31.00.01 DSM S/N1274	DESMONTAJE DEL ARRANCADOR / GENERADOR P/M 8260-150 (S/N 1274)	Cerrada	Ejecutada	347	MOTORES - MIRO
03	0046882	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-03	25.12.00.02 DSM H-MP	Desmontaje y limpieza de los Sensores de los Detectores de Humo.	Cerrada	Ejecutada	347	MOTORES - MIRO
03a	0047317	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-11	S8295-27-0004M DSM	DESMONTAJE DE LOS ARRANCADOR / GENERADOR P/M 8260-150 (S/N 1449)	Cerrada	Ejecutada	347	INSTALACION ELÉCTRICA - MIRO
03a	0046890	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-03	CON295-153 DSM2 LH	Desmontar el tubo de transferencia de aceite (tubo beta) del conjunto Hélice LH CERRADA	Cerrada	Ejecutada	347	MOTORES - MIRO
03a	0046909	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-03	25.21.00.06 DSM S/N 7257001	Desmontar los Extintores de Incendio de Motor para la prueba hidrostática de CERRADA	Cerrada	Ejecutada	347	MOTORES - MIRO
03	0046900	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-03	CON295-153 DSM4 LH	Desmontar el actuador de hélice LH	Cerrada	Ejecutada	347	MOTORES - MIRO
03	0047313	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-11	S8295-53-0017M DSM MEC	DESMONTAJE DE HERRAJES DE RAILES DE LAS PUERTAS DE PARACAIDISTAS CERRADA	Cerrada	Ejecutada	347	ESTRUCTURAS - MIRO
04	0047034	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-04	53.21.15.01 IN	SUPERFICIE EXTERNA CUBIERTA POR EL PROTECTOR DEL HIELO DE LA Hélice CERRADA	Cerrada	Ejecutada	347	MOTORES - MIRO
03	0046900	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-03	CON295-153 DSM2 RH	Desmontar el tubo de transferencia de aceite (tubo beta) del conjunto Hélice R CERRADA	Cerrada	Ejecutada	347	MOTORES - MIRO
03a	0046909	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-03	25.21.00.06 DSM S/N 7420501	Desmontar los Extintores de Incendio de Motor para la prueba hidrostática de CERRADA	Cerrada	Ejecutada	347	MOTORES - MIRO
03	0046874	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-03	53.21.15.01 DSM (UH/RH)	Desmontaje del pulverizador (conjunto conducto) para limpieza (UH/RH).	Cerrada	Ejecutada	347	MOTORES - MIRO
06	0047034	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-04	53.21.15.01 MNT	Montar las protecciones contra impactos de hielo	Cerrada	Ejecutada	347	ESTRUCTURAS - MIRO
03	0047034	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-03	CON295-153 DSM4 RH	Desmontar el actuador de hélice RH	Cerrada	Ejecutada	347	MOTORES - MIRO
03	0047034	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-04	53.21.15.01 DSM	Desmontar las protecciones contra impactos de hielo	Cerrada	Ejecutada	347	ESTRUCTURAS - MIRO
03a	0046900	7	Revisión / Inspección Periódica	3/R16, 0157-R16-03	CON295-153/61.10.00.05 DSM3 LH	Desmontar las palas de la hélice LH.	Cerrada	Ejecutada	347	MOTORES - MIRO

Num. Orden	Nombre Orden Mantenimiento	Descripción Operación	Estado	Situación	SGM:	F. Emisión	F. Ini. Prv.	F. Fin Prv.	T. Ejecución	Total Incurrido
57.52.04.01 DSM1	DESMONTAR LOS FLAPS INTERIORES	DESMONTAR LOS FLAPS INTERIORES	Cerrada	Ejecutada	MANDOS DE VUELO - MRO	19/12/2018 00:00	19/12/2018 00:00	20/12/2018 00:00	9,68	9,47
21.10.00.03 DSM1 RH	Desmontaje de la Válvula Antirretorno de Baja Presión. RH	Desmontaje de la Válvula Antirretorno de Baja Presión. RH	Cerrada	Ejecutada	MOTORES - MRO	13/12/2018 00:00	13/12/2018 00:00	13/12/2018 00:00	1,21	6,5
27.33.00.02	Inspección visual detallada de las Barras de Control de los Compensadores del Alabeo.	Inspección visual detallada de las Barras de Control de los Compensadores del Alabeo.	Cerrada	Normal	MANDOS DE VUELO - MRO	19/12/2018 00:00	19/12/2018 00:00	20/12/2018 00:00	4,84	5
21.10.00.03 DSM1 LH	Desmontaje de la Válvula Antirretorno de Baja Presión. LH	Desmontaje de la Válvula Antirretorno de Baja Presión. LH	Cerrada	Ejecutada	MOTORES - MRO	13/12/2018 00:00	13/12/2018 00:00	13/12/2018 00:00	1,21	2,37
AOT-C295-24-0003/24.22.00.02 DSM1	Desmontaje del Alabador (S/N P164) PARA RESTAURACIÓN E IMPLANTACIÓN	Desmontaje del Alabador (S/N P164) PARA RESTAURACIÓN E IMPLANTACIÓN	Cerrada	Ejecutada	MOTORES - MRO	13/12/2018 00:00	13/12/2018 00:00	13/12/2018 00:00	2,42	3
29.11.00.04 DSM	Desmontaje de las BOMBAS ELÉCTRICAS PARA INSPECCIÓN VISUAL DETALLADA	Desmontaje de las BOMBAS ELÉCTRICAS PARA INSPECCIÓN VISUAL DETALLADA	Cerrada	Ejecutada	INSTALACIONES FLUIDAS - MRO	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	3,63	6,53
26.13.00.02 DSM	Desmontaje de los interruptores de sobretensión	Desmontaje de los interruptores de sobretensión	Cerrada	Ejecutada	INSTALACIONES ELÉCTRICAS - MRO	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	3,03	3
AOT-C295-24-0003/24.22.00.02 DSM2	Desmontaje del ALABADOR (S/N P1203) PARA RESTAURACIÓN E IMPLANTACIÓN	Desmontaje del ALABADOR (S/N P1203) PARA RESTAURACIÓN E IMPLANTACIÓN	Abierta	Normal	MOTORES - MRO	13/12/2018 00:00	13/12/2018 00:00	13/12/2018 00:00	2,42	3
78.10.00.01 DSM	Desmontar los conductos primario y secundario de escape	Desmontar los conductos primario y secundario de escape	Cerrada	Ejecutada	MOTORES - MRO	19/12/2018 00:00	19/12/2018 00:00	19/12/2018 00:00	3,03	8,22
28.22.00.04	CA-A-28-22-00-00A-310C-A: SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y TRASFAS DE MOT	CA-A-28-22-00-00A-310C-A: SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y TRASFAS DE MOT	Abierta	Normal	LÍNEA DE VUELO - MRO	10/12/2018 00:00	10/12/2018 00:00	10/12/2018 00:00	0,61	4,75
55.20.11.01 IN	Herrajes de articulación del timón de altura a la aleta compensadora (en la aleta)	Herrajes de articulación del timón de altura a la aleta compensadora (en la aleta)	Cerrada	Ejecutada	MANDOS DE VUELO - MRO	19/12/2018 00:00	19/12/2018 00:00	19/12/2018 00:00	1,82	2,5
52.16.02.01 DSM	Desmontar la puerta de paracaidistas	Desmontar la puerta de paracaidistas	Cerrada	Ejecutada	ESTRUCTURAS - MRO	19/12/2018 00:00	19/12/2018 00:00	19/12/2018 00:00	1,82	7,03
61.30.00.03 DSM	Desmontaje del FRENO DE LA HÉLICE PARA REEMPLAZAR LOS RODAMIENTOS	Desmontaje del FRENO DE LA HÉLICE PARA REEMPLAZAR LOS RODAMIENTOS	Cerrada	Ejecutada	MOTORES - MRO	13/12/2018 00:00	13/12/2018 00:00	13/12/2018 00:00	2,12	4
21.60.00.03 DSM	Desmontaje del Sensor de Temperatura de la Cabina de Pilotos para Limpieza	Desmontaje del Sensor de Temperatura de la Cabina de Pilotos para Limpieza	Cerrada	Ejecutada	INSTALACIONES ELÉCTRICAS - MRO	13/12/2018 00:00	13/12/2018 00:00	13/12/2018 00:00	1,51	1,5
23.71.00.04 DSM	Desmontaje DE LA BALIZA LOCALIZADORA (ULB) DEL GRABADOR DE VOZ DE ABORTO	Desmontaje DE LA BALIZA LOCALIZADORA (ULB) DEL GRABADOR DE VOZ DE ABORTO	Abierta	Normal	INSTALACIONES ELÉCTRICAS - MRO	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	0,91	1,5
24.32.00.02 DSM	Desmontar BATERÍAS PARA RESTAURACIÓN	Desmontar BATERÍAS PARA RESTAURACIÓN	Cerrada	Ejecutada	MOTORES - MRO	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	3,03	2
21.60.00.03 MNT	Montaje del Sensor de Temperatura de la Cabina de Pilotos para Limpieza	Montaje del Sensor de Temperatura de la Cabina de Pilotos para Limpieza	Cerrada	Ejecutada	MOTORES - MRO	13/12/2018 00:00	13/12/2018 00:00	13/12/2018 00:00	0,91	5,23
DEFECTOS DIFERIDOS	One Back up battery test weak/off - ZONAL 130	One Back up battery test weak/off - ZONAL 130	Abierta	Normal	INSTALACIONES ELÉCTRICAS - MRO	16/01/2019 18:18	16/01/2019 18:18	16/01/2019 18:19	0,01	2,1
DEFECTOS DIFERIDOS	Nose wheel vibration on take off	Nose wheel vibration on take off	Abierta	Normal	INSTALACIONES FLUIDAS - MRO	16/01/2019 20:16	16/01/2019 20:16	16/01/2019 20:17	0,01	2,78
DEFECTOS DIFERIDOS	Co-pilot reading light broken - ZONAL 212	Co-pilot reading light broken - ZONAL 212	Abierta	Normal	INSTALACIONES ELÉCTRICAS - MRO	16/01/2019 20:07	16/01/2019 20:07	16/01/2019 20:07	2	3,22
DEFECTOS DIFERIDOS	CVR Panel melting - ZONAL 217	CVR Panel melting - ZONAL 217	Abierta	Normal	AVIÓNICA - MRO	16/01/2019 18:17	16/01/2019 18:17	16/01/2019 18:17	1	1,58
DEFECTOS DIFERIDOS	Battery Hot Indication of IEDS (Defective Indicato - ZONAL 217	Battery Hot Indication of IEDS (Defective Indicato - ZONAL 217	Abierta	Normal	INSTALACIONES ELÉCTRICAS - MRO	16/01/2019 20:10	16/01/2019 20:10	16/01/2019 20:10	1	0,77
58295-73-0003M DSM	Desmontar las cajas de pedales del timón de dirección	Desmontar las cajas de pedales del timón de dirección	Abierta	Normal	MANDOS DE VUELO - MRO	19/12/2018 00:00	19/12/2018 00:00	20/12/2018 00:00	4,23	7
4.31.00.01 DSM S/N1274	DESMONTAJE Y ENVÍO CONTROL ELECTRONICO DE MOTOR. EEC, KBS (KB6)	DESMONTAJE Y ENVÍO CONTROL ELECTRONICO DE MOTOR. EEC, KBS (KB6)	Cerrada	Ejecutada	MOTORES - MRO	18/01/2019 00:00	18/01/2019 00:00	20/12/2018 00:00	4,84	3
26.12.00.02 DSM+LIMP	DESMONTAJE DEL ARRANCADOR / GENERADOR P/N 8260-150 (S/N 1274)	DESMONTAJE DEL ARRANCADOR / GENERADOR P/N 8260-150 (S/N 1274)	Cerrada	Ejecutada	MOTORES - MRO	13/12/2018 00:00	13/12/2018 00:00	13/12/2018 00:00	1,82	3
58295-27-0004M DSM	Desmontaje y limpieza de los Sensores de los Detectores de Humo.	Desmontaje y limpieza de los Sensores de los Detectores de Humo.	Abierta	Normal	INSTALACIONES ELÉCTRICAS - MRO	13/12/2018 00:00	13/12/2018 00:00	14/12/2018 00:00	5,45	22,92
24.31.00.01/24.31.00.02 DSM S/N1449	DESMONTAJE DEL ARRANCADOR / GENERADOR P/N 8260-150 (S/N 1449)	DESMONTAJE DEL ARRANCADOR / GENERADOR P/N 8260-150 (S/N 1449)	Cerrada	Ejecutada	INSTALACIONES ELÉCTRICAS - MRO	18/01/2019 00:00	18/01/2019 00:00	18/01/2019 00:00	1,21	61,75
COM295-153 DSM2 LH	Desmontar el tubo de transferencia de aceite (tubo beta) del conjunto hélice	Desmontar el tubo de transferencia de aceite (tubo beta) del conjunto hélice	Cerrada	Ejecutada	MOTORES - MRO	13/12/2018 00:00	13/12/2018 00:00	13/12/2018 00:00	1,82	3
26.21.00.06 DSM S/N 73570D1	Desmontar los Extintores de Incendio de Motor para la prueba hidrostática de	Desmontar los Extintores de Incendio de Motor para la prueba hidrostática de	Cerrada	Ejecutada	MOTORES - MRO	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	1,51	3,77
COM295-153 DSM4 LH	Desmontar el actuador de hélice LH	Desmontar el actuador de hélice LH	Cerrada	Ejecutada	MOTORES - MRO	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	2,42	8
58295-53-0017M DSM MEC	DESMONTAJE DE HERRAJES DE RAÍLES DE LAS PUERTAS DE PARACADISTAS	DESMONTAJE DE HERRAJES DE RAÍLES DE LAS PUERTAS DE PARACADISTAS	Cerrada	Ejecutada	ESTRUCTURAS - MRO	18/01/2019 00:00	18/01/2019 00:00	21/01/2019 00:00	9,68	12,25
53.21.15.01 IN	SUPERFICIE EXTERNA CUBIERTA POR EL PROTECTOR DEL HIELO DE LA HÉLICE	SUPERFICIE EXTERNA CUBIERTA POR EL PROTECTOR DEL HIELO DE LA HÉLICE	Cerrada	Ejecutada	ESTRUCTURAS - MRO	19/12/2018 00:00	19/12/2018 00:00	20/12/2018 00:00	4,36	4,9
COM295-153 DSM2 RH	Desmontar el tubo de transferencia de aceite (tubo beta) del conjunto hélice R	Desmontar el tubo de transferencia de aceite (tubo beta) del conjunto hélice R	Cerrada	Ejecutada	MOTORES - MRO	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	1,21	2
26.21.00.06 DSM S/N 74205D1	Desmontar los Extintores de Incendio de Motor para la prueba hidrostática de	Desmontar los Extintores de Incendio de Motor para la prueba hidrostática de	Cerrada	Ejecutada	MOTORES - MRO	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	1,51	3,13
21.50.00.03 DSM (LH/RH)	Desmontaje del pulverizador (conjunto conducto) para limpieza. (LH/RH).	Desmontaje del pulverizador (conjunto conducto) para limpieza. (LH/RH).	Cerrada	Ejecutada	MOTORES - MRO	13/12/2018 00:00	13/12/2018 00:00	14/12/2018 00:00	4,23	3,65
53.21.15.01 MNT	Montar las protecciones contra impactos de hielo	Montar las protecciones contra impactos de hielo	Cerrada	Ejecutada	ESTRUCTURAS - MRO	19/12/2018 00:00	19/12/2018 00:00	20/12/2018 00:00	9,68	3,6
COM295-153 DSM4 RH	Desmontar el actuador de hélice RH	Desmontar el actuador de hélice RH	Cerrada	Ejecutada	MOTORES - MRO	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	2,42	4,25
53.21.15.01 DSM	Desmontar las protecciones contra impactos de hielo	Desmontar las protecciones contra impactos de hielo	Cerrada	Ejecutada	ESTRUCTURAS - MRO	19/12/2018 00:00	19/12/2018 00:00	19/12/2018 00:00	7,26	14,25
COM295-153/61.10.00.05 DSM3 LH	Desmontar las palas de la hélice LH.	Desmontar las palas de la hélice LH.	Cerrada	Ejecutada	MOTORES - MRO	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	7,26	10,75
COM295-153/61.10.00.05 DSM5 LH	Desmontar el buje de hélice LH	Desmontar el buje de hélice LH	Cerrada	Ejecutada	MOTORES - MRO	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	2,42	7,77
COM295-153/61.10.00.05 DSM5 RH	Desmontar el buje de hélice RH	Desmontar el buje de hélice RH	Cerrada	Ejecutada	MOTORES - MRO	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	2,42	1,5
79.20.00.05 DSM RH	Desmontar el sensor de temperatura EG10 RH (LADO DERECHO)	Desmontar el sensor de temperatura EG10 RH (LADO DERECHO)	Cerrada	Ejecutada	MOTORES - MRO	25/12/2018 00:00	25/12/2018 00:00	25/12/2018 00:00	0,61	2
COM295-153/61.10.00.05 DSM3 RH	Desmontar las palas de la hélice RH.	Desmontar las palas de la hélice RH.	Cerrada	Ejecutada	MOTORES - MRO	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	17/12/2018 00:00	7,26	7
OST-FLIGHT INSPECTION	Push lever in emergency door does not open - ZONAL 832	Push lever in emergency door does not open - ZONAL 832	Cerrada	Ejecutada	ESTRUCTURAS - MRO	16/01/2019 16:35	16/01/2019 16:35	16/01/2019 16:36	6	6,88

Algunas de estas tablas contenían más de 100.000 registros y hubo que depurar y agrupar para obtener conclusiones utilizables:



Nº Orden	Tarjeta	Descripción Operación	Clasificación	Categoría	T. Ejecución	Estado Defecto	F. Con Disp.	List. Mat.	Estado ODM	Situación
0001	RECEPCION	HELICE #2 - PALA #5 ZONA ROJA NECESITA RET	Cliente	Menor	3	Disposición Final	17/04/2013 14:36 N		Cerrada	Ejecutada
0002	RECEPCION	HELICE #2 - SPINNER FALTA PINTURA	Cliente	Menor	1,5	Disposición Final	27/05/2013 14:25 N		Cerrada	Ejecutada
0003	RECEPCION	HELICE #1 - TODAS LAS PALAS CON INDICIOS DE	Cliente	Menor	15	Disposición Final	18/04/2013 7:19 N		Cerrada	Ejecutada
0004	RECEPCION	INTRADOS - DEPOSITOS DEET STICK CON CORR	Cliente	Menor	2	Disposición Final	04/04/2013 7:18 N		Cerrada	Ejecutada
0005	RECEPCION	ALERONES Y TRIMS - TIRANTE DEL TRIM TAB CO	Cliente	Menor	2	Disposición Final	04/04/2013 7:15 N		Cerrada	Ejecutada
0006	RECEPCION	PUERTA COCKPIT FALTA TORNILLO Y PIN GUIA S	Cliente	Menor	1,5	Disposición Final	30/04/2013 9:27 S		Cerrada	Ejecutada
0007	RECEPCION	PUERTA DE EMERGENCIA - DIFICULTAD EN CER	Cliente	Menor	9	Disposición Final	29/04/2013 10:07 N		Cerrada	Ejecutada
0008	DES. SB 295-28-01M	NO COINCIDE ZONA MASA TUBERIA CON BRIDA	Cliente	Menor	1,5	Disposición Final	17/04/2013 7:08 N		Cerrada	Ejecutada
0009	COM 295-106	TUBERIA COMBUSTIBLE MOTOR LH RETORCIDA	Cliente	Menor	2	Disposición Final	03/04/2013 9:19 N		Cerrada	Ejecutada
0010	RECEPCION	PUERTA TRIPULACIÓN - PEGATINAS INTERIORE	Cliente	Menor	1,5	Disposición Final	23/04/2013 7:58 S		Cerrada	Ejecutada
0011	RECEPCION	RAMPA DE CARGA - EXTERIOR MARCA PROVOCA	Cliente	Menor	4	Disposición Final	29/04/2013 9:56 N		Cerrada	Ejecutada
0012	RECEPCION	FMM2 - ESTÁNDAR DATA FILE (CDS - 355C)	Cliente	Menor	0,5	Disposición Final	23/04/2013 7:59 N		Cerrada	Ejecutada
0013	RECEPCION AVION	FALTA LUZ DE FORMACION IR PM LH	Cliente	Menor	1,5	Disposición Final	06/03/2013 12:03 S		Cerrada	Ejecutada
0014	DEFECTOS DIFERIDOS	CORTINA DE VENTANA DEL COMPARTIMIENTO D	Cliente	Menor	2	Disposición Final	09/05/2013 9:47 N		Cerrada	Ejecutada
0015	DEFECTOS DIFERIDOS	VOR/ILS#1 CAMBIA AUTOMATICAMENTE EN MAN	Cliente	Menor	0,5	Disposición Final	03/06/2013 11:39 N		Cerrada	Ejecutada
0016	DEFECTOS DIFERIDOS	POAF - FALTA INSTALAR CS 1 OS SOCORROS LEF	Cliente	Menor	0,01	En formas	30/05/2013 10:38 N		Cerrada	Sin ejecutar
0017	PROGRAMADOS	PROTECCIÓN DE SILICONA ROTA EN EL BACK SH	Cliente	Menor	0,75	Disposición Final	23/04/2013 8:01 N		Cerrada	Ejecutada
0018	DEFECTOS DIFERIDOS	POAF - INSTALAR LIFE RAFT S/N _____ (CUT 2562	Cliente	Menor	0,01	Pendiente Disposición	N		En firme	Normal
0019	ROGRAMADOS	MOTOR RH CORROSION EN TORQUE SENSOR L	Cliente	Menor	1,5	Disposición Final	03/04/2013 9:29 N		Cerrada	Ejecutada
0020	PROGRAMADOS	MOTOR RH LIGERA CORROSION EN SINGNBLOC	Cliente	Menor	4	Disposición Final	23/04/2013 8:02 N		Cerrada	Ejecutada
0021	PROGRAMADOS	INSERTOS DE SUJECCION DE LOS PANELES	Cliente	Menor	3	Disposición Final	03/04/2013 13:56 N		Cerrada	Ejecutada
0022	PROGRAMADOS	ENCONTRADAS TRES MASAS ROTAS, UNION EN	Cliente	Menor	2	Disposición Final	27/02/2013 15:48 S		Cerrada	Ejecutada
0023	RECEPCION	CONEXIÓN CON ASA RH - PERFIL DE GOMA SOBA	Cliente	Menor	0,25	Disposición Final	18/04/2013 8:36 N		Cerrada	Ejecutada
0024	RECEPCION	POZO TREN RH - RINCONERA DE APOYO DE CAR	Cliente	Menor	8	Disposición Final	20/03/2013 8:55 N		Cerrada	Ejecutada
0025	RECEPCION	EXTERIOR - BATIENTE DE BASE CON PINURA DE	Cliente	Menor	1	Disposición Final	27/05/2013 14:25 N		Cerrada	Ejecutada



12.2 Resumen de los resultados de cada propuesta

	Original	Propuesta 1	Propuesta 1 límite	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 3 límite	Propuesta 4	Propuesta 4 reducida	Propuesta 5 limpieza reubicada
Ocupación operarios nivel 1	89,68%	91,41%	90,63%	86,60%	90,90%	91,43%	78,48%	83,48%	86,91 %
Ocupación operarios nivel 2	91,90%	0,00%	0,00%	78,77%	0,00%	0,00%	73,03%	84,27%	91,43 %
Ocupación operarios nivel 3	57,16%	57,16%	57,16%	56,50%	51,89%	50,28%	56,38%	56,38%	56,51 %
Ocupación operarios nivel 4	54,33%	56,61%	55,82%	81,09%	0,00%	0,00%	51,53%	51,53%	51,53 %
Ocupación posiciones nave de limpieza	14,79%	14,79%	14,79%	14,79%	14,79%	14,79%	14,79%	14,79%	9,86 %
Ocupación posiciones nave 1 de entrada	57,92%	57,92%	57,92%	57,64%	55,49%	51,90%	57,39%	57,39%	57,44 %
Ocupación posiciones nave 1 de salida	4,93%	7,15%	6,35%	4,93%	7,99%	7,33%	5,11%	5,11%	5,11 %
Ocupación posiciones nave 2	45,95%	57,96%	53,15%	45,95%	65,42%	60,06%	45,65%	45,65%	45,71 %
Ocupación posiciones nave de pintura	13,36%	19,00%	18,03%	13,36%	21,37%	19,00%	11,87%	11,87%	11,87 %
Aviones terminados de avería	4	4	3	4	4	4	6	6	6
Aviones terminados de mantenimiento estándar	10	12	11	10	13	13	11	11	11
Aviones terminados de mantenimiento complejo	5	8	7	5	9	8	5	5	5
Aviones terminados totales	19	24	21	19	26	25	22	22	22
Plazo medio de entrega en días	213	192	214	220	178	201	184	188	186

Tabla 49: Resumen de los resultados de cada propuesta.

Fuente: Elaboración propia.